

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
(очной и заочной формы обучения)  
ОПЦ.12 ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ  
для специальности  
21.02.03 Сооружение и эксплуатация  
газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Иркутск, 2023 г.

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:

Цикловой методической  
комиссией общетехнических и  
электротехнических дисциплин

Председатель ЦМК: Игнатенко Ю.С.  
Протокол № 9  
«25» мая 2023 г. / 

Разработчик: С.Н. Климова, преподаватель высшей категории Сибирский колледж транспорта и  
строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по  
специальности среднего профессионального образования 21.02.03. Сооружение и эксплуатация  
газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Практическое занятие №1 Определение географических и прямоугольных координат по карте .....	5
Практическое занятие № 2. Чтение рельефа по карте и решение задач: определение отметок точек, вычисление уклонов линий.....	8
Практическое занятие №3. Изучение устройства теодолитов 4Т30П, 2Т30П; приведение в рабочее положение, техника наведения, снятие отсчётов. Проверки теодолита.....	12
Практическое занятие № 4. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Ведение журнала угловых измерений. Вычисление углов.....	16
Практическое занятие №5. Измерение азимутов линий и расстояний нитяным дальномером .....	20
Практическое занятие № 6-8. Расчетно-графическая работа №1 .....	22
Практическое занятие №9. Обработка результатов полевых измерений тахеометрической съемки .....	37
Практическое занятие №10. Исследование конструкции нивелиров Н-3, 4Н-3КЛ и нивелирных реек. Проверки нивелира.....	40
Практическое занятие №11. Определение превышений и отметок точек .....	46
Практическое занятие № 12-14. Расчетно-графическая работа №2 .....	48
Практическое занятие № 15-16. Вычисление элементов и главных точек кривых. Построение плана трассы .....	53
Практическое занятие № 17. Построение продольного профиля трассы по данным нивелирования .....	61
Практическое занятие № 18. Решение типовых инженерные задач на строительной площадке .....	67
Литература .....	70

## **Введение**

В соответствии с учебным планом специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ в методическом пособии приведены необходимые пояснения основных понятий; исходные данные и задания к каждой практической работе, примеры выполнения и оформления расчётных и графических частей работ.

Практические занятия проводятся с целью закрепить теоретические знания студентами: научиться пользоваться масштабами и освоить методики решения некоторых задач при выполнении работ по карте, приобрести практические навыки по чтению рельефа местности; овладеть методиками обработки полевых материалов при производстве теодолитной съёмки, технического нивелирования при полевом трассировании; приобрести навыки построения топографического плана, составления и проектирования продольного профиля, картограммы земляных работ.

Графические работы необходимо выполнять карандашом на чертёжной или миллиметровой бумаге на форматных листах в соответствии с ГОСТ. Другие требования по оформлению планов и заполнению ведомостей, журналов и дополнительные задания приводятся при необходимости в расчётно-графических работах.

С целью эффективного использования учебного времени на практическом занятии, студентами заранее дома должны выполняться самостоятельные работы, предусмотренные по отдельным темам.

## **Практическое занятие №1 Определение географических и прямоугольных координат по карте**

## **Цель занятия:**

Приобрести практические навыки по определению координат точек по карте.

### *Обеспеченность занятия:*

Учебные топографическая карта М 1:10 000 или 1:25 000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными точками.

## *Содержание практического занятия*

1. Определить географические координаты
  2. Определить прямоугольные координаты

## **Порядок выполнения работы**

## 1. Определение географических координат точки

**Географическая широта**  $\phi$  точки - это угол между направлением отвесной линии, проходящей через заданную точку, и плоскостью экватора.

**Географическая долгота**  $\lambda$  точки - это двугранный угол между плоскостью меридиана, проходящего через заданную точку и плоскостью начального (Гринвичского) меридиана.

Для определения географических координат точки на карте построена минутная рамка (рис. 1). Ее стороны разделены на чередующиеся белые и черные отрезки, каждая равна одной минуте. Каждый минутный отрезок размечен точками по 10 секунд каждая.

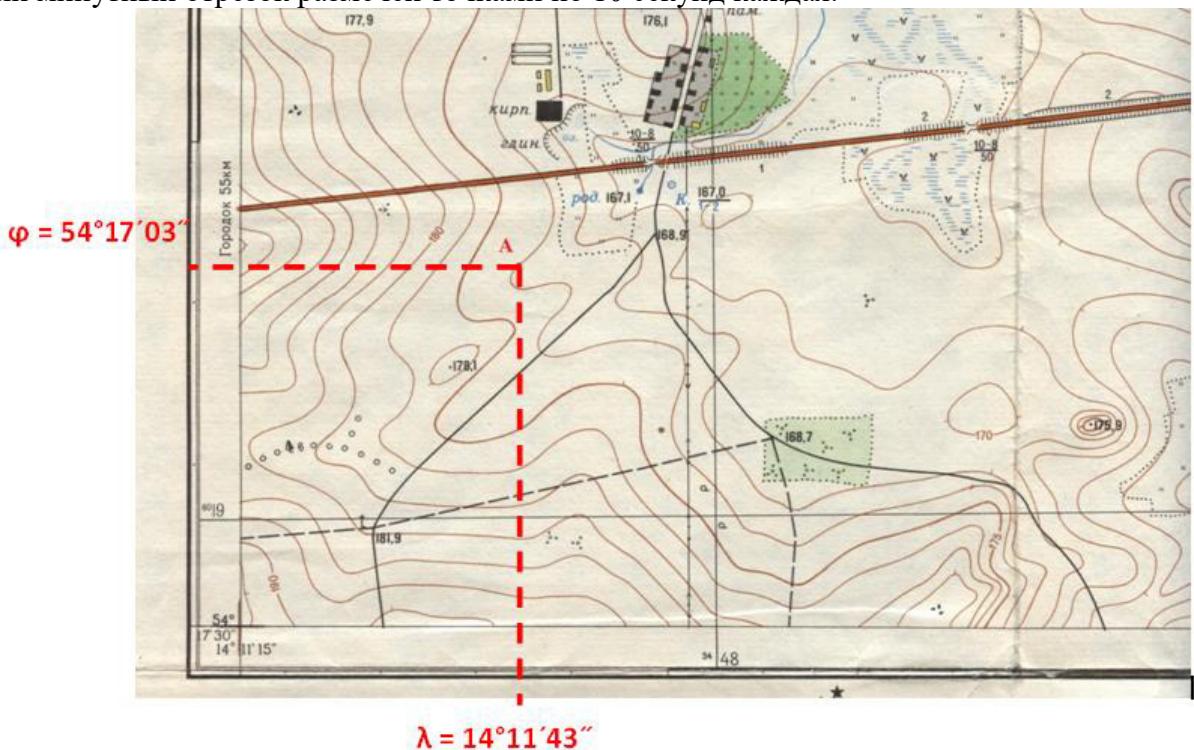


Рисунок 1. Определение географических координат

Чтобы определить широту и долготу заданной точки, необходимо опустить перпендикуляры соответственно на западный меридиан и южную параллель карты (рис. 1). Затем к начальным значениям широты и долготы юго-западного угла рамки, подписанным на карте, прибавить число минут и секунд, подсчитанных от начальных значений  $\phi$  и  $\lambda$  до опущенных перпендикуляров (рис. 1).

## **2. Определение прямоугольных координат точки**

**Прямоугольными координатами** называются линейные величины абсцисса и ордината, определяющие относительное положение заданной точки на плоскости.

В равноугольной проекции Гаусса - Крюгера абсцисса точки (координата  $x$ ) - это расстояние от экватора до заданной точки в метрах, ордината точки (координата  $y$ ) - это расстояние от осевого меридиана зоны до заданной точки (рис. 2).

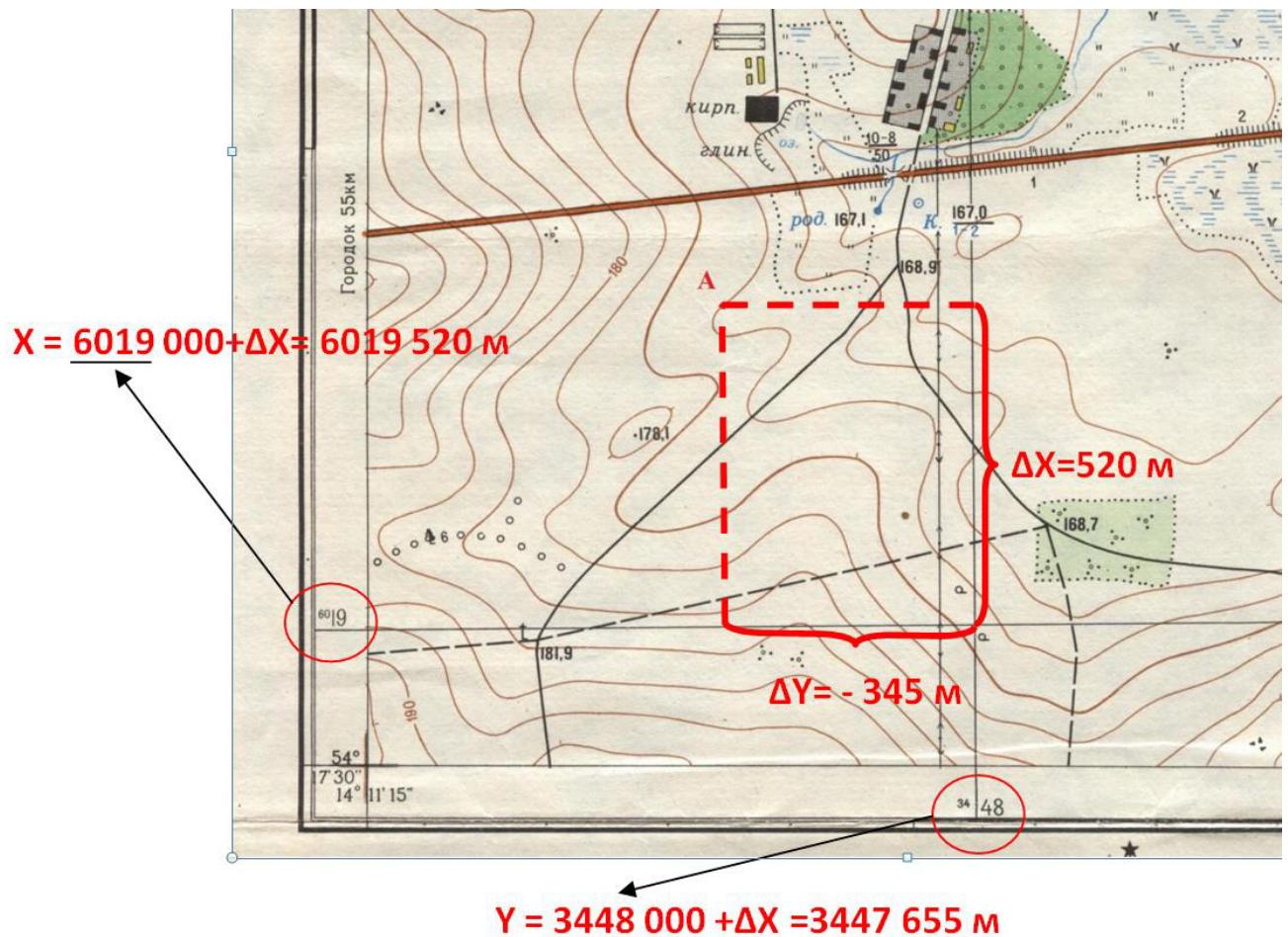


Рисунок 2. Определение прямоугольных координат

Таким образом, в геодезии в отличие от системы координат, принятой в математике, ось абсцисс ОР расположена вертикально и параллельна осевому меридиану зоны, а ось ординат - горизонтально и параллельна линии экватора. Чтобы ординаты были всегда положительными, точка О начала координат в геодезии имеет координаты (0; 500 км). Поэтому ординаты объектов, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют  $y < 500$  км, а к востоку  $y > 500$  км.

Если т. А (рис. 2) имеет прямоугольные координаты (6019 520, 3447 655), то это значит:

что  $x = 6019$  км 520 м – это расстояние точки до экватора,

$y = (3)447$  км 655 м, где 3 - это номер зоны в проекции Гаусса-Крюгера,

а 447 км 655 м – это расстояние от осевого меридиана зоны к западу.

На картах большинства масштабов координатные оси изображаются через каждый километр на местности. Поэтому координатная сетка на топографической карте называется километровой и представляет собой сетку квадратов, подписанных как по оси абсцисс, так и по оси ординат.

Расстояние между линиями координатной сетки зависит от масштаба карты. Любой объект легко найти на карте, если указать последние две цифры квадратов, на пересечении которых расположен объект.

## ЗАДАНИЕ

Определить географические и прямоугольные координаты заданных точек на карте.  
Результаты оформить в виде таблицы.

точка	координаты			
	географические		прямоугольные	
	<i>Географическая широта <math>\phi</math></i>	<i>Географическая долгота <math>\lambda</math></i>	X, м	Y, м

## Контрольные вопросы

1. Что называются координатами точки?
2. Какие существуют типы координат?
3. Что такое широта точки?
4. Что такое долгота точки?
5. Как определить X координату?
6. Как определить Y координату?

## **Практическое занятие № 2. Чтение рельефа по карте и решение задач: определение отметок точек, вычисление уклонов линий.**

*Цель занятия:*

Приобрести практические навыки по чтению рельефа местности, изображённого горизонталиями; определению отметок точек, уклонов линий заданных по карте.

*Обеспеченность занятия:*

Учебные топографические карты М 1:10 000 (из расчёта одна карта на 2-х студентов на которой 2 варианта) с заданными тремя точками.

*Содержание практического занятия*

1. Чтение рельефа по карте.
2. Определить отметки точек на карте с горизонталиями.
3. Определить уклоны линий.

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Чтение рельефа по карте**

На топографических картах для изображения рельефа применяется способ горизонталей (рис.1).

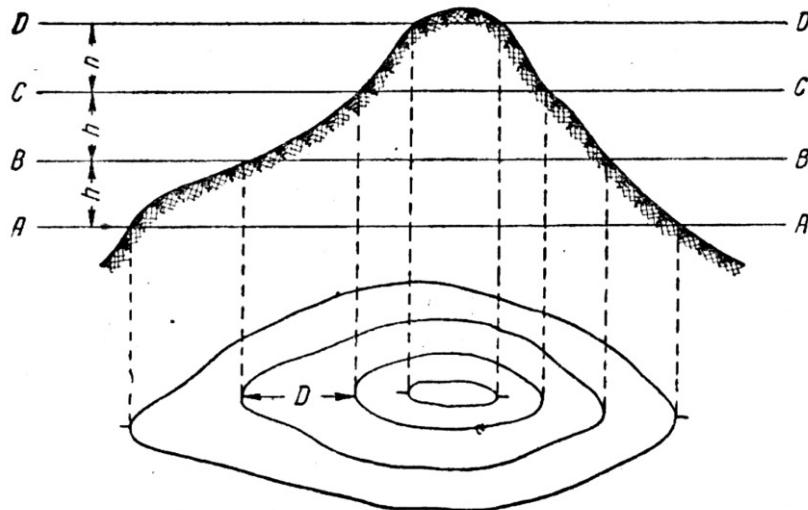


Рис.1. Построение горизонталей

*Горизонталью называется кривая линия, соединяющая точки с равными отметками на местности.*

Горизонтали получаются как проекции на горизонтальную плоскость линий сечения местности уровнями поверхностями, равноудалёнными друг от друга.

На рис. 3 изображение рельефа холма дано с помощью горизонталей. Если мысленно рассечь этот холм горизонтальными поверхностями АА, ВВ, СС, ДД, то линии, полученные от пересечения этих поверхностей с земной поверхностью, спроектированные на горизонтальную плоскость и будут горизонталями.

На планах и картах необходимо определить изображённые формы рельефа, понижение или повышение его. Это возможно по отдельным подписанным отметкам горизонталей или по бергштрихам, представляющим собой чёрточки-штрихи, проведённые перпендикулярно к горизонталям в направлении вниз по скату, т.е. в сторону понижения рельефа.

Рельеф в природе состоит из различных сочетаний основных форм, каждая из которых имеет свои особенности. Основные формы рельефа земной поверхности следующие: гора, котловина, хребет, лощина, седловина (рис.2).

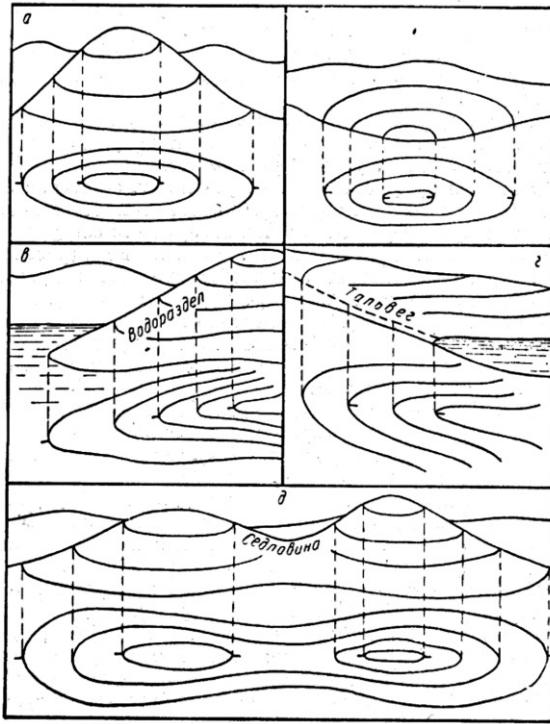


Рис. 2 Основные формы рельефа земной поверхности

На рис.2 показаны отличительные особенности форм рельефа по бергштрихам. Но для решения инженерных задач по карте необходимо знать отметки горизонталей. Они всегда кратны высоте сечения рельефа « $h$ ».

Высотой сечения рельефа называется отвесное расстояние между соседними горизонталями.

На учебных топографических картах  $h = 5$  м, отметки отдельных горизонталей подписаны кратно 5 или 10 м. Определить отметки любой горизонтали легко, используя бергштрихи и зная правило их подписи: цифры отметок горизонталей ставят основанием в сторону понижения рельефа. Поэтому, понижение или повышение местности можно установить от одной подписанный отметки горизонтали на карте.

### Задание 1

Внимательно рассмотрите карту. Какие формы рельефа есть на карте? Зарисуйте в рабочую тетрадь и подпишите названия этих форм рельефа.

Определить высоту сечения рельефа  $h$  в метрах.

### 2. Определить отметки точек на карте с горизонталями

1) Если точка расположена на горизонтали, то ее высоту устанавливают по высоте этой горизонтали.

$$H_C = 120 \text{ м}$$

2) Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали (возвышенность), то для вычисления её отметки к высоте ближайшей горизонтали прибавляют половину высоты сечения рельефа (см. рис. 3) или вычитают эту величину, если точка расположена внутри замкнутой горизонтали (на дне котловины). Такие формы рельефа (гора, котловина) определяют по направлению бергштрихов и надписям на горизонталях.

Например,  $H_A$  – отметка точки А;

высота сечения  $h_{\text{сеч}} = 10 \text{ м}$ ;

$$H_A = 160 + 10/2 = 165 \text{ м.}$$

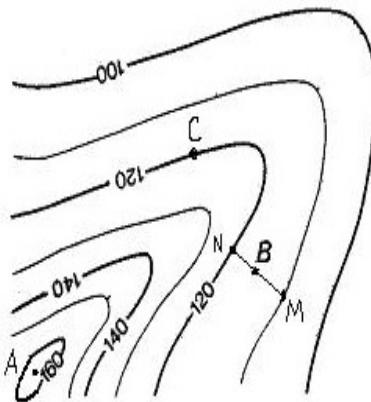


Рисунок 3. К определению отметок точек

3) Если точка расположена между горизонталями, то её отметку определяют линейным интерполярованием по кратчайшему расстоянию между горизонталями.

Например, точка В лежит между горизонталями, чтобы узнать её высоту, через нее проводят отрезок MN, по возможности перпендикулярный к двум соседним горизонталям, и измеряют отрезки BM и MN (Рисунок 3). Превышение h точки В над точкой М находят из пропорции

$$\frac{MN}{BM} = \frac{h_{сеч}}{h}$$

где MN и BM – длины соответствующих отрезков на карте MN = 11 мм; BM = 7 мм (измеряем линейкой);

$h_{сеч}$  – высота сечения рельефа;

h - превышение точки В над точкой М.

Тогда h при  $h_0=10$  м равна (выражаем из соотношения)

$$h = \frac{BM \cdot h_0}{MN}$$

т.к.  $H_M = 100 + h_{сеч} = 100 + 10 = 110$  м

$H_B = H_M + h = 110 + (7 * 10) 11 = 116,4$  м

### Задание 2.

Определите высоту заданных точек на карте, согласно вашего варианта. (три точки)

### 3. Определение уклона линий

В инженерной практике крутизну ската линии часто характеризуют уклоном. Уклоны обычно выражают в тысячных долях [0.001], в процентах [%] или промиллях [%]. **Уклоном прямой**, проведенной между двумя горизонталями, называется отношение высоты сечения h к проложению d, определяемым по масштабу плана (карты):

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}$$

где  $i$  – уклон прямой;

$v$  - угол наклона прямой, называемой скатом;

$h = H_2 - H_1$  - разность отметок конечных точек линии;

$d$  – горизонтальное проложение линии.

Например, определим уклон прямой AB, проведенной на карте между двумя смежными горизонталями. Определяем отметки конечных точек линии (AB) и её длину с помощью линейки или измерителя и линейного масштаба в натуральных единицах.

В примере,  $H_A = 150$  м,  $H_B = 147,5$  м,  $d_{AB} = 100$  м, тогда

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d} = \frac{150 - 147.5}{100} = 0.025 = 2.5\% = 25\%$$

**Задание 3.**

Определите уклоны линий образованных между заданными точками согласно вашего варианта. (три линии).

**Контрольные вопросы**

1. Что называется горизонталью? Высотой сечения рельефа?
2. Что называется отметкой точки?
3. Какие существуют основные формы рельефа?
4. По каким признакам можно различить формы рельефа?
5. Как читается правило подписи горизонтали?
6. Как определяются отметки горизонталей?
7. Как определяется отметка точки, лежащей между горизонталями?
8. Что называется уклоном линии, как он определяется?

## **Практическое занятие №3. Изучение устройства теодолитов 4Т30П, 2Т30П; приведение в рабочее положение, техника наведения, снятие отсчётов. Проверки теодолита.**

### **Цель занятия:**

Изучить устройство теодолита, научиться брать отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам; производить проверки теодолита, приобрести первичные навыки обращения с теодолитом.

### **Обеспеченность занятия:**

Теодолиты со штативами, планки с точками-целями для наведения, плакаты.

### **Содержание работы**

1. Изучить устройство теодолита 2Т30П, 4Т30П, приведение прибора в рабочее положение.
2. Техника наведения. Снять отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам.
3. Выполнить основные проверки теодолита.

### **Порядок выполнения работы**

Теодолит предназначен для измерения вертикальных и горизонтальных углов, для измерения расстояний и определения магнитных азимутов по буссоли. В соответствии с ГОСТом 10529-86 теодолиты по точности измерения углов разделяются на:

- высокоточные (Т-1)
- точные (Т-2, Т-5)
- технические (Т-15, Т-30)

(цифры – это средняя квадратичная ошибка измерения углов).

Устройство теодолита

Общий внешний вид теодолита показан на рисунке 1:



*Рисунок 1. Устройство теодолита*

### **Задание 1**

Зарисовать в рабочую тетрадь устройство теодолита. Обозначить основные оси и части прибора.

### **Подготовка теодолита к работе**

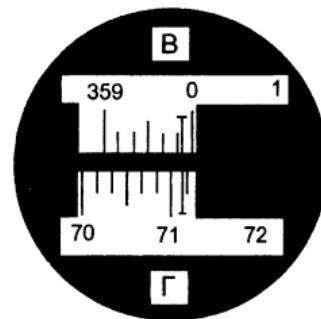
С начала устанавливается и регулируется штатив. Верхняя часть штатива (головка) должна быть горизонтальна плоскости, на которой располагается, а высота соответствовала росту наблюдателя. После того как был установлен штатив закрепляется теодолит (в футляре) с помощью становового винта. На крючок становового винта подвешивается нитяной отвес. Длина нити отвеса регулируется перемещением планки вдоль нити. Отклонение острия отвеса от точки местности не должно превышать 1-3 мм. Затем цилиндрический уровень при алидаде приводится в положение параллельное двум подъемным винтам и при их одновременном вращении (во внутрь или наружу) устанавливается уровень (пузырек в середине ампулы). После чего алидада разворачивается на  $90^\circ$  и опять устанавливается уровень, вращая третий винт. Такая операция проводится до тех пор, пока при любом положении алидады пузырек уровня не будет отклоняться больше чем на одно деление.

### **Отсчетные устройства**

**Отсчетом** по угломерному кругу называется угловая величина дуги между нулевым **штрихом лимба** и **индексом алидады**. Штрихи лимба, между которыми оказывается индекс, называются младшим и старшим штрихами. Для оценки интервала между младшим штрихом лимба и индексом служат **отсчетные устройства**.

В оптических теодолитах применяются штриховые и шкаловые микроскопы и реже — микрометры. Принцип действия указанных отсчетных устройств основан на способности глаза с высокой точностью воспринимать совпадение штрихов одной шкалы со штрихами другой, а также оценивать десятые доли промежутка между штрихами.

**Микроскоп-оценщик (штриховой микроскоп)** — это отсчетное устройство, в котором интервал между младшим штрихом и индексом оценивается «на глаз» до десятых долей делений лимба (рис. 2). Изображения шкал и индекса рассматривают через окуляр микроскопа, который располагается рядом с окуляром зрительной трубы.



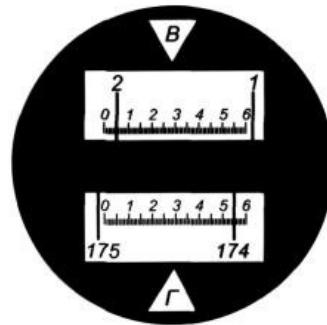
*Рисунок 2. Поле зрения отсчетного микроскопа-оценщика теодолита ТЗО.  
Отсчеты: по Горизонтальному кругу  $71^\circ 07'$ ; по вертикальному кругу  $359^\circ 53'$*

В теодолите ТЗО в поле зрения микроскопа-оценщика строятся одновременно изображения шкал горизонтального и вертикального кругов с общим индексом. Отсчеты берут по одной стороне кругов с точностью до  $1'$ .

**Шкаловый микроскоп** широко используется в современных технических и точных теодолитах с односторонним отсчитыванием по лимбу. В поле зрения такого микроскопа видны изображения лимба и шкалы, длина которой равна изображению наименьшего (обычно градусного) деления лимба. Индексом для отсчета служит штрих лимба, расположенный в пределах шкалы.

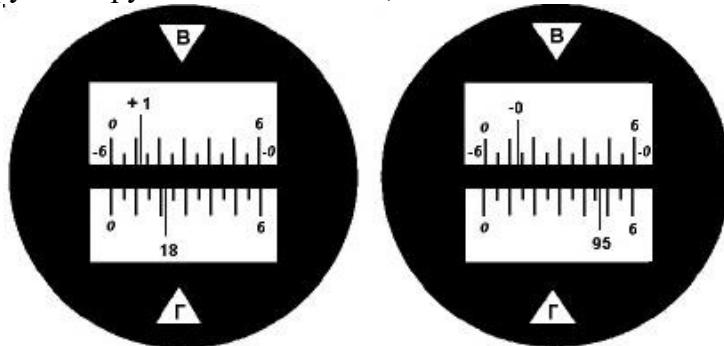
В теодолитах Т15К, 2Т5К, 2Т30 и 4Т30П (рис. 3, 4) отсчеты по горизонтальному кругу имеют шкалы для горизонтального и вертикального кругов, каждая из которых разделена на 60 частей. Поскольку цена деления лимба  $1^\circ$ , одно деление шкалы соответствует  $1'$ . При отсчете по микроскопу десятые доли наименьшего деления шкалы оцениваются на глаз с точностью до  $0,1'$ .

Однако шкала вертикального круга имеет два ряда цифр со знаками «+» и «-». По нижнему ряду со знаком «-» берут отсчеты в случаях, если в пределах шкалы находится штрих вертикального круга с тем же знаком.



*Рисунок 3. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т5К.  
Отсчеты: по Горизонтальному кругу 174°55'; по вертикальному кругу 02°05'*

У теодолитов 2Т30 и 4Т30П цена деления шкал отсчетного микроскопа (рис. 3) равна 5', отсчеты по угломерным кругам берутся с точностью 0,5'.



*Рисунок 4. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 4Т30П.  
Отсчеты: по горизонтальному кругу 18°21'; по вертикальному кругу +1°11'  
по горизонтальному кругу 95°46'; по вертикальному кругу +0°46'*

Шкала вертикального круга имеет два ряда подписей. Если перед числом градусов отсутствует знак, отсчет производится по верхней шкале от 0 до 6 в направлении слева направо. Если перед числом градусов стоит знак минус минуты отсчитываются от -0 до -6 справа налево. Отсчет производится с точностью до 30".

## Задание 2.

Выбрать три произвольные цели и взять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругу. Зарисовать в тетрадь и подписать увиденные отсчеты.

## Проверки теодолита

### Проверка цилиндрического уровня алидады горизонтального круга.

Перпендикулярность оси уровня вертикальной оси теодолита проверяется следующим образом. Сперва алидада поворачивается так, чтобы уровень располагался параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и вращением этих винтов в противоположных направлениях вывести пузырек уровня на середину. После алидада поворачивается на 90° и третьим подъемным винтом пузырек уровня выводится на середину. Затем повернув алидаду на 180° и оценивается смещение пузырька от среднего положения. Если при проверке уровня смещение его пузырька превышает одно деление, то половина смещения исправляется с помощью исправительных винтов уровня. А вторая половина с помощью вращения подъемного винта.

### Проверка коллимационной ошибки.

Не перпендикулярность визирной оси зрительной трубы горизонтальной оси определяется следующим образом. При положение теодолита «круг слева» наводится зрительная труба на визирную цель, удаленную не менее чем на 50 метров, направление на которую горизонтально (отклонение не более 2°), и с горизонтального лимба снимается показание КЛ<sub>1</sub>. Потом повторяется наведение при положение теодолита «круг справа» и снимается показание КП<sub>1</sub>. После освобождается закрепительный винт лимба и теодолит разворачивается на 180° и снова закрепляется. На ту же цель опять наводится зрительная труба и при двух положениях теодолита

снимаются показания КЛ<sub>2</sub> и КП<sub>2</sub>. После того как все отсчеты сняты производится расчет по формуле:

$$c = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}$$

Если при поверки коллимационная ошибка превышает двойной точности отсчетного приспособления теодолита (для теодолита 2Т30 с=1'), то производится юстировка (исправление).

Пример:

$$КЛ_1 = 154^\circ 32' \quad КЛ_2 = 148^\circ 50'$$

$$КП_1 = 334^\circ 34' \quad КП_2 = 328^\circ 50'$$

$$c = \frac{(154^\circ 32' - 334^\circ 34' + 180^\circ) + (148^\circ 50' - 328^\circ 50' + 180^\circ)}{4} = \frac{-2'}{4} = -0^\circ 30''$$

*Проверка горизонтальной оси теодолита.*

Параллельность оси уровня при трубе визирной оси зрительной трубы проверяется следующим способом. От стены на расстояние 10 – 20 метров устанавливается теодолит в рабочем состоянии и на высоте выбирается точка. После этого зрительную трубу приводят в нулевое состояние (отсчет по горизонтальному кругу 0°0') и отмечают на стене проекцию перекрестия сетки нитей. Затем зрительную трубу переводят через зенит и опять наводят на точку, которая была выбрана первоначально. А на стене в нулевом уровне отмечается вторая проекция перекрестия нитей. Если намеченные на стене точки совпадают, то исправление не требуется. Юстировка производится только в мастерской.

*Проверка положения сетки нитей.*

На хорошо видимую точку наводится зрительная труба. Изображение цели должно оказаться совмещенным с концом вертикальной нити сетки. Затем зрительная труба вращается вокруг своей оси. Если точка будет перемещаться вдоль нити, то сетка установлена правильно. Если изображение точки будет отклоняться от сетки нити, то оправу сетки нитей необходимо поправить.

Для исправления необходимо в начале ослабить винты, которые скрепляют сетки нитей с корпусом трубы, а потом поворачивая их привести сетки нитей в нужное положение.

### Задание 3

1. Привести прибор в рабочее положение.
2. Выполнить поверку уровня (написать формулировку, написать результаты наблюдений в тетрадь)
3. Выполнить поверку коллимационной ошибки. (написать формулировку, результаты наблюдений и вычислений занести в тетрадь).

### Контрольные вопросы

1. Что называется теодолитом?
2. Что такое кремальера?
3. Что называется отсчетом?
4. Назовите основные поверки теодолита?
5. Что значит привести теодолит в рабочее положение?

## **Практическое занятие № 4. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Ведение журнала угловых измерений. Вычисление углов.**

**Цель занятия:**

Приобрести практические навыки по измерению горизонтальных и вертикальных углов теодолитом.

**Обеспеченность занятия:**

Теодолит 4Т30П, штатив, рейки

**Содержание практического занятия**

1. Измерить горизонтальный угол между двумя направлениями.
2. Измерить вертикальные углы этих направлений

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Измерение горизонтального угла.**

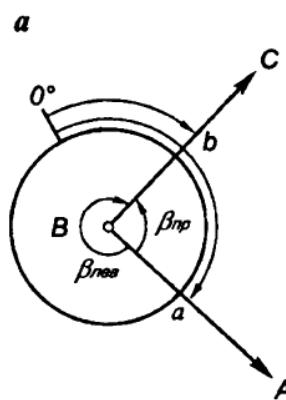
Измерение углов следует выполнять поверенным теодолитом.

В зависимости от конструкций приборов, условий измерений и предъявляемых к ним требований применяют следующие способы измерения горизонтальных углов:

- **Способ приемов** (или способ отдельного угла) — для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуре и т. д.
- **Способ круговых приемов** — для измерения углов из одной точки между тремя и более направлениями в сетях триангуляции и полигонометрии второго и более низких классов (разрядов).
- **Способ повторений** — для измерения углов, когда необходимо повысить точность окончательного результата измерения путем ослабления влияния погрешности отсчитывания; используется при работе с техническими повторительными теодолитами

В геодезии измеряют правые или левые по ходу горизонтальные углы способом приемов. При этом программа измерения должна предусматривать как можно более полное исключение влияния основных погрешностей теодолита на точность измерения угла.

**Способ приемов (способ отдельного угла)** исключает возможность грубых ошибок при измерении угла. (Рисунок 1)



*Рисунок 1. Схема измерения угла способом приемов.*

Теодолит устанавливают в вершине угла (в кабинете на предусмотренных местах для установки приборов), приводят в рабочее положение. Горизонтальный угол измеряют дважды, при двух положениях зрительной трубы: при КЛ и КП.

Измерение горизонтального угла при одном положении вертикального круга называется *полуприёмом*, а при двух положениях вертикального круга — *полным приёмом*.

При измерении горизонтального угла лимб должен быть закреплён.

**Порядок измерения горизонтального угла.** Вначале измеряют угол при одном положении круга, например, при КП. Открепляют алидаду, зрительную трубу наводят *сначала на правую*

точку. Осуществляют точное наведение на точку наводящими винтами алидады и зрительной трубы. Берут отсчёт  $a$  по горизонтальному кругу микроскопа, записывают в журнал угловых измерений (Таблица 6,а). Затем наводят зрительную трубу на *левую точку*, снимают отсчёт  $b$ , записывают в журнал. Таким образом измерили угол. Вычисляется он как разность отсчётов на правую и левую точки по формуле:

$$\beta_{kn} = a - b$$

где  $a$  и  $b$  - отсчёты на правую и левую точки.

Вычисленный угол записывают в журнал измерения углов в графу «углы полуприёмов».

Перед измерением угла вторым полуприёмом *лимб горизонтального круга открепляют*, поворачивают верхнюю часть теодолита  $\sim$  на  $90^0$  и закрепляют лимб. Это действие называется *сбить лимб*. Трубу переводят через зенит и повторяют измерения угла в той же последовательности, но при круге лево – КЛ. Результаты измерений записывают в журнал угловых измерений. Вычисляют угол.

Если отсчёт на правую точку меньше отсчёта на левую точку, то сначала к отсчёту правой точки прибавляют  $360^0$ , а затем от полученной суммы вычисляют отсчёт на левую точку  $\beta_{лев}$ . Расхождение значений угла не должно превышать двойной точности прибора, т. е.  $1'$ . В противном случае измерения повторяют. Находят среднее арифметическое из двух значений углов в полуприёмах, записывают в графу «среднее из углов».

Пример заполнения журнала измерения углов на рисунке 2

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов						
		круг	Отсчет по ГК	углы из полуприёмов	угол средний	
стояния	визирований					
п.1	2	КЛ	$119^{\circ}37'$	$32^{\circ}57'$	$32^{\circ}56'$	
	3	КЛ	$152^{\circ}34'$			
	2	КП	$299^{\circ}35'$	$32^{\circ}55'$		
	3	КП	$332^{\circ}30'$			

Рисунок 2. Пример заполнения журнала измерений горизонтальных углов.

### Задание 1

Измерить горизонтальный угол между заданными точками (точки задает преподаватель). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.

Таблица 1

номера точек	круг	Отсчет по ГК	углы из полуприёмов	угол средний
стояния	визирования			

### 2. Измерение вертикального угла

*Вертикальным углом* называется угол  $v$ , составленный горизонтальной плоскостью и линией визирования. Он ещё называется *углом наклона*, так как в полевых условиях измеряют наклон линии. Горизонтальная плоскость конструктивно заложена в приборе.

Вертикальный угол может быть *положительным*, если линия визирования располагается выше горизонтальной плоскости, и *отрицательным*, если – ниже (Рисунок 3), т. е. вертикальные углы измеряются от линии горизонта.

Принцип измерения вертикального угла такой же, как и горизонтального – полным приёмом. Измерение вертикального угла производится визированием на наблюдаемую точку при двух положениях круга КП и КЛ.

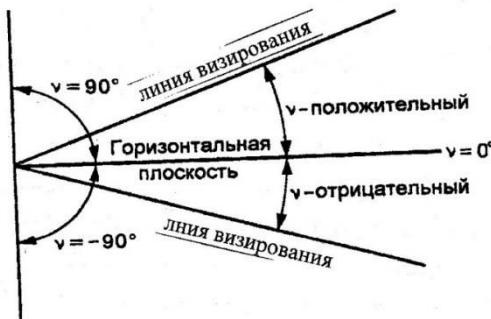


Рисунок 3. Вертикальные углы

Перед измерением вертикальных углов необходимо измерить значение места нуля (МО) вертикального круга. Для теодолитов 2Т30П, 4Т30П с *положительной и отрицательной оцифровкой делений лимба вертикального круга* МО вычисляется по формуле:

$$MO = \frac{KL + KP}{2}$$

и не должно превышать  $\pm 2'$ , т. е.  $MO \leq \pm 2'$

Как описано выше, измерение вертикального угла сводится к снятию отсчётов по вертикальному кругу при КЛ и КП, которые должны быть с противоположными знаками, но числовые значения не должны отличаться на  $\pm 2'$ , что является контролем измерения угла.

**Действительное значение угла по знаку принимается по КЛ.**

Вертикальный угол, измеренный приборами 2Т30П, 4Т30П, вычисляется по формуле:

$$v = \pm \frac{|KL + KP|}{2} = KL - MO = MO - KP$$

Пример заполнения журнала измерений вертикальных углов приведен на рисунке 4.

### Журнал измерения вертикальных углов

номера точек		круг	Отсчет по ВК	Место нуля (МО)	Значение вертикального угла
стояния	визирова ния				
п.1	2	КЛ	9°41'	-0°01'	9°42'
	2	КП	-9°43'		
	3	КЛ	-2°55'	-0°01'	-2°54'
	3	КП	2°53'		

Рисунок 4. Пример заполнения журнала измерений вертикальных углов.

### Задание 2

Измерить вертикальный углы на заданные направления (точки задает преподаватель). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.

Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2

номера точек		круг	Отсчет по ВК	Место нуля (МО)	Значение вертикального угла
стояния	визирования				
п.1	2	КЛ			
	2	КП			
	3	КЛ			

	3	КП		
--	---	----	--	--

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое горизонтальный угол в геодезии?
2. Что такое вертикальный угол в геодезии?
3. Как определить место нуля теодолита?
5. Какие способы измерения горизонтального угла вы знаете?

## **Практическое занятие №5. Измерение азимутов линий и расстояний нитяным дальномером**

**Цель занятия:**

Приобрести практические навыки по измерению азимутов линий и расстояний нитяным дальномером.

**Обеспеченность занятия:**

Теодолит 4Т30П, буссоль, штатив, рейки

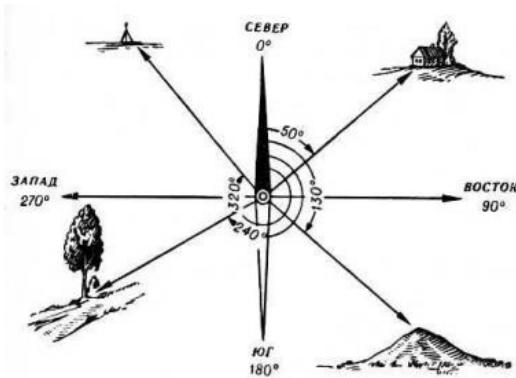
**Содержание практического занятия**

1. Измерить азимуты линий по 4 стационарным рейкам.
2. Измерить 4 расстояния по нитяному дальномеру.

### **Порядок выполнения работы**

#### **1. Измерение магнитного азимута.**

**Магнитный азимут** – это горизонтальный угол, измеренный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до направления на предмет. Его значения могут быть от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . (рисунок 1)



*Рисунок 1.*

Магнитный азимут направления определяется с помощью ориентир-буссоли, которая прикреплена к колонке теодолита. Внутри буссоли на острие вращается магнитная стрелка у которой синий конец направлен на северный полюс, а красный – на южный. Измерение магнитного азимута направления можно выполнить двумя способами.

#### **Первый способ:**

1. Закрепляют лимб, открепляют алидаду и совмещают нули лимба и алидады (устанавливают по горизонтальному кругу отсчет, равный  $0^\circ 00'$ ), закрепляют алидаду.
2. Ориентируют теодолит по магнитному меридиану. Для этого открепляют лимб и поворачивают теодолит так, чтобы концы магнитной стрелки совместились с соответствующими штрихами ориентир-буссоли. Закрепляют лимб. Точное совмещение выполняют наводящим винтом лимба.
3. Открепляют алидаду, визируют по заданному направлению, берут отсчет по горизонтальному кругу. Он равен значению магнитного азимута.

#### **Второй способ:**

1. Ориентируют теодолит по магнитному меридиану. Для этого открепляют алидаду и поворачивают теодолит так, чтобы концы магнитной стрелки совместились с соответствующими штрихами ориентир-буссоли. Закрепляют алидаду. Точное совмещение выполняют наводящим винтом алидады. Берут отсчет по горизонтальному кругу Асев.
2. Открепляют алидаду, визируют по заданному направлению, берут отсчет по горизонтальному кругу Азад.
3. Вычисляют магнитный азимут  $A_{маг} = A_{зад} - A_{асев}$ .

#### **Задание 1**

Привести теодолит в рабочее положение. Закрепить ориентир-буссоль на приборе.

Любым из предложенных способов измерить магнитный азимут на 4-х рейках в кабинете.

Схему и вычисления занести в рабочую тетрадь.

## **2. Измерение расстояния по нитяному дальномеру**

Измерение расстояний не является прямым назначением теодолита, а есть его вспомогательная функция.

Измерение расстояний теодолитом выполняется при помощи нитяного дальномера теодолита и нивелирной рейки. Чаще всего измерение расстояний производится при выполнении теодолитом тахеометрической или горизонтальной съемки.

Нитяный дальномер представлен в теодолите в виде двух дальномерных сеток нитей зрительной трубы.



*Рисунок 2.*

Принята следующая методика измерения длин линий.

1. Измеряется высота прибора (теодолита)  $i$  над точкой стояния.
2. На точке, до которой надо измерить расстояние, устанавливается нивелирная рейка.
3. Зрительная труба наводится на отсчет, примерно равный высоте прибора  $i$ .
4. По нивелирной рейке берутся отсчеты:  
 $R_B$ - по верхней и  $R_H$ - по нижней дальномерной нити.
5. По формуле вычисляется величина

$$D = k \cdot (R_H - R_B)$$

где  $k$  - коэффициент дальномера,  $k = 100$ .

Пример (рис 2.):

$$R_B = 1229, R_H = 1422$$

Отсчет по дальномеру равен

$$D = k \cdot (R_H - R_B) = 100 \cdot (1422 - 1229) = 100 \cdot 193 \text{мм} = 19,3 \text{м}$$

### **Задание 2**

С помощью теодолита и рейки определить 4 любых расстояния в кабинете.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое магнитный азимут?
2. Чему равна 1 шашка на геодезической рейке?
3. Как определяется расстояние по нитяному дальномеру?
4. Как взять отсчет по дальномеру?

**Практическое занятие № 6-8. Расчетно-графическая работа №1**  
**Обработка результатов измерений замкнутого теодолитного хода.**  
**Построение плана**

*Цель работы:*

- Научиться составлять ведомость координат, выполнять увязку измеренных углов, вычислять дирекционные углы и румбы сторон теодолитного хода.
- Научиться уравнивать приращения координат и вычислять координаты точек теодолитного хода. Приобрести практические навыки по вычислению приращений координат на калькуляторе.
- Научиться правильно производить построение плана по координатам

*Обеспеченность занятия:*

Исходные данные для вычислений по вариантам Приложение 1

*Содержание практического занятия*

1. Составить ведомость координат. Уравнять измеренные углы.
2. Вычислить дирекционные углы и румбы линий по исправленным углам.
3. Вычислить приращения координат.
4. Уравнять приращения координат.
5. Вычислить координаты точек теодолитного хода.
6. Построить координатную сетку.
7. Построить план теодолитного хода по координатам.

**Оформление работы**

Работа выполняется на листах А4 в ручную или с помощью компьютера.

Должна содержать следующие разделы:

1. Титульный лист
2. Цель и содержание работы
3. Исходные данные
4. Расчет (основные формулы и полученные результаты)
5. План в масштабе 1:1000

**Порядок выполнения работы**

*Из Приложения 1 «Исходные данные» согласно своего варианта в ведомость координат (таблица 2) вписывают следующие данные:*

Вариант №36					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	108	38	00		
				124,180	
2	91	41	30		
				149,530	
3	85	16	30		
				86,370	
4	151	26	30		
				88,820	
5	102	59	00		
				103,670	
1					
Дирек. Угол 1-2 = 60° 20' 00"					
Ст.1 (X,Y) = (4489,00; 2708,00)					

- *названия вершин углов 1, 2 и т. д. – в столбец 1;*

- значения измеренных правых по ходу углов  $\beta$ , – в столбец 2, значения пишем напротив номера вершины;
- значение дирекционного угла  $a_{1-2}$  направления 1-2 - в столбец 4 между точками 1 и 2;
- значения горизонтальных проложений  $d$  сторон хода (длин сторон) – в столбец 6;
- значения координат точки 1  $X_1; Y_1$  – в столбцы 15 и 16.

## 1. Уравнивание углов

Когда все исходные данные внесены начинается расчет ведомости координат вершин замкнутого теодолитного хода.

Измеренные углы и длины сторон теодолитного хода содержат неизбежные случайные погрешности, накопление которых приводит к возникновению так называемых невязок

**Невязками** называют разности измеренными либо вычисленными результатами и их теоретическими значениями. При обработке результатов измерений возникшие невязки должны быть определенным образом распределены между измеренными (вычисленными) величинами.

Процесс распределения невязок и вычисление исправленных значений величин называется **уравниванием результатов измерений**. После уравнивания обычно производится оценка точности результатов измерений.

### Уравнивание горизонтальных углов

Производится оценка качества измерения углов и вычисляются углы увязанные (исправленные). Для этого подсчитывается, оценивается и распределяется угловая невязка хода.

Угловая невязка хода  $f_\beta$  вычисляется как разность между суммой измеренных углов, отягощенных погрешностями измерений, и теоретическим значением этой суммы.

Теоретическая сумма углов находится по известной формуле планиметрии для суммы углов многоугольника (в школьном курсе она выводится только для выпуклых многоугольников, но нетрудно доказать, что она справедлива и для невыпуклых)

$$\sum \beta_{meop} = 180^\circ \cdot (n - 2)$$

где  $n$  – количество измеренных горизонтальных углов (вершин теодолитного хода).

В нашем примере (Таблица 2):

$$\sum \beta_{meop} = 180^\circ \cdot (5 - 2) = 540^\circ 00'$$

Измеренную сумму углов вычисляем по формуле:

$$\sum \beta_{uzm} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$\sum \beta_{uzm} = 108^\circ 38' 00'' + 91^\circ 41' 30'' + 85^\circ 16' 30'' + 151^\circ 26' 30'' + 102^\circ 59' 00'' = 540^\circ 01' 30''$$

Тогда угловая невязка хода вычисляется по формуле

$$f_\beta = \sum \beta_{uzm} - \sum \beta_{meop}$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_\beta = 540^\circ 01' 30'' - 540^\circ 00' 00'' = 0^\circ 1' 30''$$

Угловая невязка  $f_\beta$  является показателем точности измерения углов. Она не должна превышать определенной предельной величины, которая подсчитывается по формуле

$$f_{don} = t \cdot \sqrt{n}$$

где  $t$  – точность отсчетного устройства теодолита,  $n$  – количество измеренных углов.

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{don} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2' 15''$$

Если  $|f_\beta| \leq |f_{don}|$ , то полученная угловая невязка распределяется между измеренными углами.

При  $|f_\beta| > |f_{don}|$  необходимо проверить, правильно ли выписаны из журнала наблюдений значения измеренных горизонтальных углов и не допущена ли ошибка при вычислении величины  $f_\beta$ . Если ошибки не обнаружено, то все углы следует измерить заново.

Распределение угловой невязки может быть выполнено двумя способами: либо поровну на все измеренные углы, либо поправки вводятся только в углы, образованные более короткими сторонами. Цель введения поправок – скомпенсировать погрешности измерений. Поэтому при любом способе распределения знаки поправок берут противоположными знаку невязки. Поправки проставляют над значениями углов, в которые эти поправки придаются.

В нашем примере невязку вносим поровну с обратным знаком в каждый горизонтальный угол (Таблица 2):

$$\Delta\beta = \frac{-f_\beta}{n} = -0^{\circ}0'18"$$

Полученную невязку  $\Delta\beta$  пишем над каждым измеренным углом в столбце 2.

Вычисляем исправленные углы по формуле:

$$\beta_{\text{испр}} = \beta_{\text{измер}} + \Delta\beta$$

В нашем примере ответы записываем в столбец 3 Таблица 2.

**Выполняем Контроль.** Сумма исправленных углов должна равняться сумме теоретической. (см. Таблица 2)

### **Вычисление дирекционных углов**

По исходному дирекционному углу и исправленным углам вычисляем последовательно дирекционные углы остальных линий хода по формулам:

$$\text{для правых по ходу углов } \alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{i+1}$$

$$\text{для левых по ходу углов } \alpha_{i+1} = \alpha_i - 180^\circ + \beta_{i+1}$$

Следует учесть, что дирекционные углы не могут быть отрицательными и превышать  $360^\circ$ .

**Контролем** вычислений является получении дирекционного угла начального направления 1-2.

В нашем примере измерены правые по ходу углы, тогда (Таблица 2):

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 60^\circ20'00" + 180^\circ - 91^\circ41'12" = 148^\circ38'48"$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 148^\circ38'48" + 180^\circ - 85^\circ16'12" = 243^\circ22'36"$$

И т.д.

$$\begin{aligned} \text{Контроль: } \alpha_{1-2} &= \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1 = 348^\circ57'42" + 180^\circ - 108^\circ37'42" = \\ &= 420^\circ20'00" - 360^\circ00' = 60^\circ20' \end{aligned}$$

Полученные дирекционные углы переводим в табличные румбы, пользуясь Таблицей 1. Полученные результаты записываем в 5 столбец Таблица 2.

Таблица 1

Пределы значений дирекционных углов	Название румбов	Четверть	Зависимость между дирекционными углами и румбами	Знаки приращений координат	
				$\Delta X$	$\Delta Y$
0-90	СВ	I	$r = \alpha; \alpha = r$	+	+
90-180	ЮВ	II	$r = 180 - \alpha; \alpha = 180 - r$	-	+
180-270	ЮЗ	III	$r = \alpha - 180; \alpha = 180 + r$	-	-
270-360	СЗ	IV	$r = 360 - \alpha; \alpha = 360 - r$	+	-

В соответствии с четвертями дирекционных углов (Таблица 1) указываем знаки приращения координат в столбцах 7, 9, 11, 13.

### **Уравнивание приращений координат**

Вычисление приращений координат выполняем по формулам. Вычисляем с точностью до сантиметров.

$$\Delta x = d \cdot \cos r$$

$$\Delta y = d \cdot \sin r$$

В нашем примере (Таблица 2) результаты вычислений пишем в столбцы 8, 10, 12 и 14:

$$\Delta x_1 = d_{1-2} \cos r_{1-2} = 124,180 \cdot \cos 60^{\circ}20' = 61,46 \text{ м}$$

$$\Delta x_2 = d_{2-3} \cos r_{2-3} = 149,530 \cdot \cos 31^{\circ}21'22'' = 127,69 \text{ м}$$

И т.д.

Аналогично определяем приращение по оси Y.

$$\Delta y_1 = d_{1-2} \sin r_{1-2} = 124,180 \cdot \sin 60^{\circ}20' = 107,90 \text{ м}$$

$$\Delta y_2 = d_{2-3} \sin r_{2-3} = 149,530 \cdot \sin 31^{\circ}21'22'' = 77,80 \text{ м}$$

И т.д.

Определяем невязки в приращения координат для замкнутого теодолитного хода.

Теоретическая невязка по осям X и Y равна:

$$f_{\Delta X meop} = 0$$

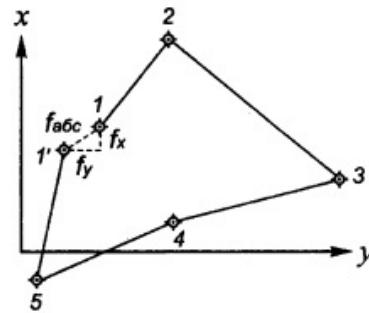
$$f_{\Delta Y meop} = 0$$

Фактическая невязка по осям X и Y равна (таблица 2):

$$f_{\Delta X} = \sum \Delta X_{\text{вых}} = -0,18 \text{ м}$$

$$f_{\Delta Y} = \sum \Delta Y_{\text{вых}} = -0,11 \text{ м}$$

В результате этих невязок полигон, который должен быть замкнутым, окажется разомкнутым на некоторую величину отрезка 1-1', называемую **абсолютной линейной невязкой хода**  $f_{abc}$ .



Как следует из рисунка проекции абсолютной невязки  $f_{abc}$  на оси ординат, не что иное как приращения координат отсюда (по термину Пифагора) абсолютная невязка хода равна:

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2},$$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} = 0,210 \text{ м}$$

Точность угловых и линейных измерений в теодолитном ходе оценивается по величине относительной линейной невязки

$$f_{omn} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P/f_{abc}}$$

Где P – периметр полигона, равный сумме горизонтальных проложений сторон хода  $P = \Sigma d$

В нашем примере (Таблица 2):

$$f_{omn} = \frac{1}{P/f_{omn}} = \frac{1}{2631,28}$$

$$f_{omn} \leq \frac{1}{2000}$$

Невязки  $f\Delta x$  и  $f\Delta y$  считаются допустимыми, если  $f_{omn} \leq \frac{1}{2000}$ . Относительная невязка теодолитного хода не должна быть более 1:2000 (для местности со слабо выраженным рельефом) или 1:1500 (для местности, изрезанной оврагами, заросшей густым кустарником и с болотистым грунтом).

Если относительная невязка допустима, то и допустимы невязки в приращениях координат, а это дает право произвести уравнивание приращений координат по абсциссам и ординатам. Невязки  $f\Delta x$  и  $f\Delta y$  по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. При этом поправки в приращениях координат определяются по формулам:

$$\delta_{\Delta x} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} \cdot d,$$

$$\delta_{\Delta y} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} \cdot d$$

Вычисляем поправки для каждого приращения по осям. Полученное значение пишем над приращением столбцы 8 и 10 Таблицы 2.

Вычисляем исправленные приращения по формулам:

$$\Delta x_{испр} = \Delta x + \delta_{\Delta x}$$

$$\Delta y_{испр} = \Delta y + \delta_{\Delta y}$$

В нашем примере (Таблица 2, столбцы 12 и 14):

$$\Delta x_{испр}^1 = +61,46 + (+0,040) = +61,500 \text{ м}$$

$$\Delta x_{испр}^2 = -127,69 + (+0,048) = -127,642 \text{ м}$$

И т.д.

$$\Delta y_{испр}^1 = +107,90 + (+0,025) = +107,925 \text{ м}$$

$$\Delta y_{испр}^2 = +77,80 + (+0,029) = 77,829 \text{ м}$$

И т.д.

**Контроль:** сумма исправленных приращений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  по столбцам должна быть равна нулю (Таблица 2).

Вычисляем координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{i-i+1}.$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_{i-i+1}$$

Контролем будет служить совпадение координат исходного пункта с заданными для него координатами.

Вычисление координат точек теодолитного хода производить в ведомости для вычисления координат в «две руки».

В нашем примере (Таблица 2, столбцы 15 и 16):

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{испр}^1 = 4489,00 + (+61,500) = 4550,500 \text{ м}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{испр}^2 = 4550,500 + (-127,642) = 4422,858 \text{ м}$$

И т.д.

$$Y_2 = Y_1 + \Delta y_{\text{испр}}^1 = 2708,00 + (+107,925) = 2815,925 \text{ м}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y_{\text{испр}}^2 = 2815,925 + (+77,829) = 2893,754 \text{ м}$$

И т.д.

Таблица 2

### Ведомость расчета замкнутого теодолитного хода

точка стояния	углы												приращения				координаты							
	измеренный			уравненный			дирекционный			румбы														
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	название	°	'	"	длина стороны			X	Y						
1	2			3			4			5				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			-18																					
1	108	38	00	108	37	42										+0.040		+0.025					4489,00	2708,00
			-18				60	20	00	СВ	60	20	00	124,180	+	61,460	+	107,90	+	61,500	+	107,925		
2	91	41	30	91	41	12										+0.048		+0.029					4550,500	2815.925
			-18				148	38	48	ЮВ	31	21	12	149,530	-	127,69	+	77.80	-	127,642	+	77,829		
3	85	16	30	85	16	12										+0.028		+0.017					4422,858	2893.754
			-18				243	22	36	ЮЗ	63	22	36	86,370	-	38.70	-	77,21	-	38,672	-	77,193		
4	151	26	30	151	26	12										+0.029		+0.019					4384.186	2816.561
			-18				271	56	24	С3	88	03	36	88,820	+	3,00	-	88.76	+	3,029	-	88,741		
5	102	59	00	102	58	42										+0.035		+0.020					4387,215	2727.820
							348	57	42	С3	11	02	18	103,670	+	101,75	-	19,84	+	101,785	-	19,820		
1	Контроль			540	00	00	60	20	00					P=552.57	$f_x = -0,18$	$f_y = -0,11$		0		0	4489,00	2708,00		

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180 * (5 - 2) = 540^\circ 00' 00''$$

$$f_{\Delta Y} = \sum \Delta Y_{\text{выч}} = -0,11$$

$$\sum \beta_{\text{изм}} = 540^\circ 01' 30''$$

$$f_{\Delta X} = \sum \Delta X_{\text{выч}} = -0,18$$

$$f_\beta = 540^\circ 01' 30'' - 540^\circ 00' 00'' = +0^\circ 01' 30''$$

$$f_{a6c} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2} = \sqrt{(-0.18)^2 + (-0.11)^2} = 0.210$$

$$\Delta \beta = \frac{-f_\beta}{n} = \frac{-0^\circ 01' 30''}{5} = \frac{-90}{5} = -0^\circ 00' 18''$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{1}{P/f_{\text{отн}}} = \frac{1}{552,57/0,210} = \frac{1}{2631,28} < \frac{1}{2000}$$

$$f_{\text{доп}} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2' 15''$$

### 3. Построение плана

Исходными данными для построения плана теодолитной съёмки являются:

- вычисленные на 1 этапе координаты вершин теодолитного хода;
- абрис теодолитной съёмки с нанесёнными на нем результатами измерений на местности.

Последовательность работы при построении плана теодолитной съёмки:

1. На листе чертёжной бумаги строят сетку координат. Размер листа и масштаб указан в задании (рис. 2);
2. Подписывают сетку координат (рис. 2);
3. Наносят на план вершины теодолитного хода по координатам "X" и "Y" (рис. 3);
4. Выполняют зарамочное оформление плана.

#### **Построение координатной сетки.**

Построение координатной сетки является ответственной задачей, требующей особого внимания и аккуратности. От точности построения сетки во многом зависит точность нанесения ситуации, а следовательно, и точность решаемых по плану инженерно-геодезических задач.

Построение координатной сетки начинается с расчета необходимого числа квадратов по осям  $x$  и  $y$ . Пусть для ранее рассмотренного примера требуется составить план в масштабе **1:1000**, при котором длина стороны квадрата сетки (10 см) соответствует 100 м горизонтального проложения местности. Исходя из значений координат хода, определяют величины

$$\Delta X = X_{max} - X_{min}$$

$$\Delta Y = Y_{max} - Y_{min}$$

где  $x_{max}$ ,  $y_{max}$  — максимальные значения координат точек, округленные в большую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе;  $x_{min}$ ,  $y_{min}$  — минимальные значения координат, округленные в меньшую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе.

Для рассматриваемого примера:

$$x_{max} = 4550,500 \text{ м}, x_{min} = 4384,186 \text{ м}, \Delta x = 166,314 \text{ м};$$

$$y_{max} = 2893,754 \text{ м}, y_{min} = 2708,00 \text{ м}, \Delta y = 186,754 \text{ м}.$$

Тогда число квадратов по осям  $x$  и  $y$  равно:

$$N_x = \frac{\Delta x}{100} = \frac{166,314}{100} \approx 2 \text{ квадрата}$$

$$N_y = \frac{\Delta y}{100} = \frac{186,754}{100} \approx 2 \text{ квадрата}$$

Вычерчивание координатной сетки с небольшим числом квадратов выполняется с помощью миллиметровой линейки. (рисунок 2)

**Подписание сетки координат.** При оформлении плана положительное направление оси "X" необходимо принять от нижней границы листа к верхней, а положительное направление оси "Y" — слева направо (рис. 2). Перекрестья сетки подписывают значениями прямоугольных координат, выражеными в километрах и кратными 0,1 км для масштаба 1:1000. Для этого берут минимальное и максимальное значения  $x$  и  $y$ , которые использовались для нахождения числа квадратов сетки по осям  $x$  и  $y$ . У нижней горизонтальной линии сетки слева от крайней вертикальной линии подписывают минимальное значение абсцисс, а у верхней крайней линии

— максимальное значение. Промежуточные горизонтальные линии сетки имеют абсциссы, кратные длине стороны квадрата сетки. Аналогично подписывают вертикальные линии (ординаты) сетки. При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат — слева направо (рисунок 2).

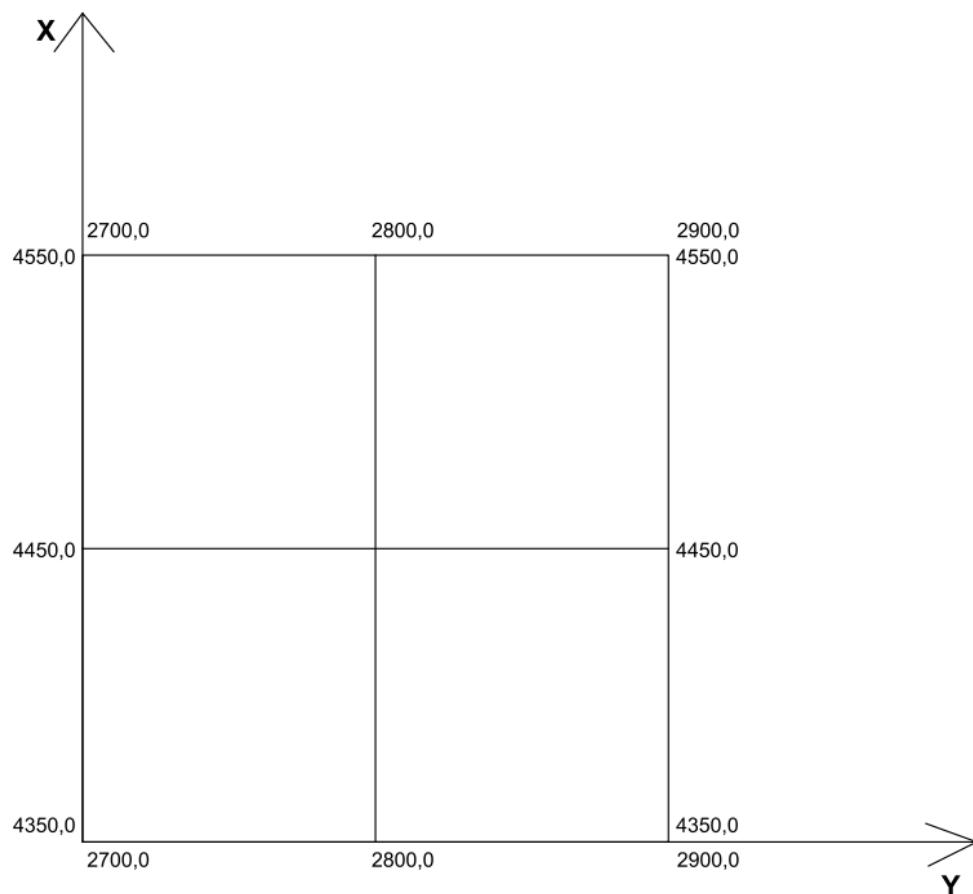
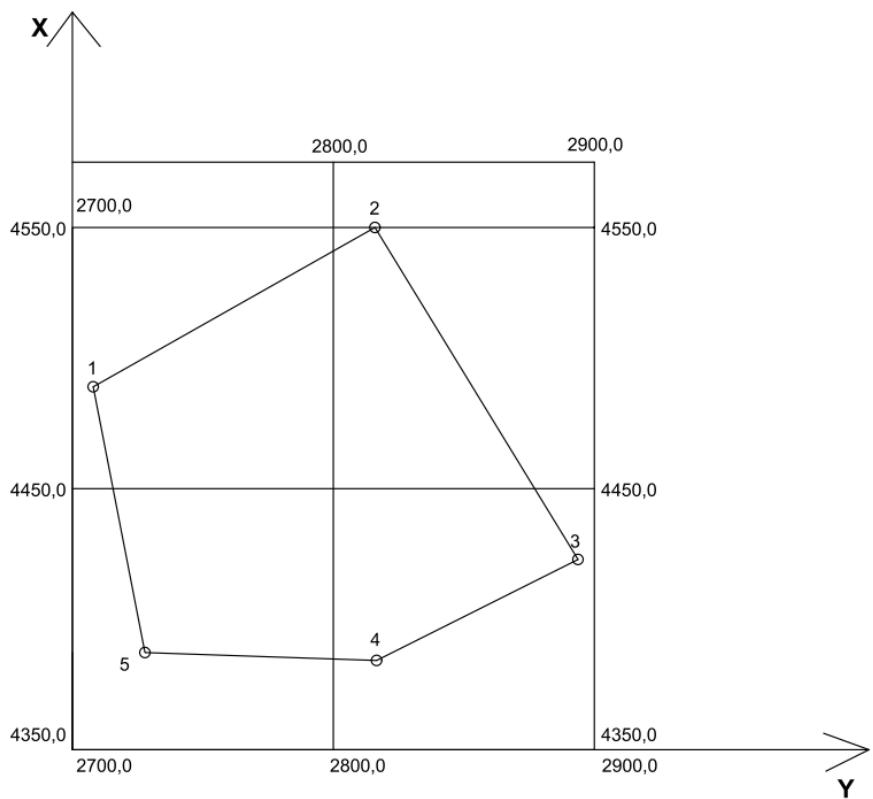


Рисунок 2. Построение сетки координат

### Нанесение на план точек теодолитного хода и ситуации. Оформление плана.

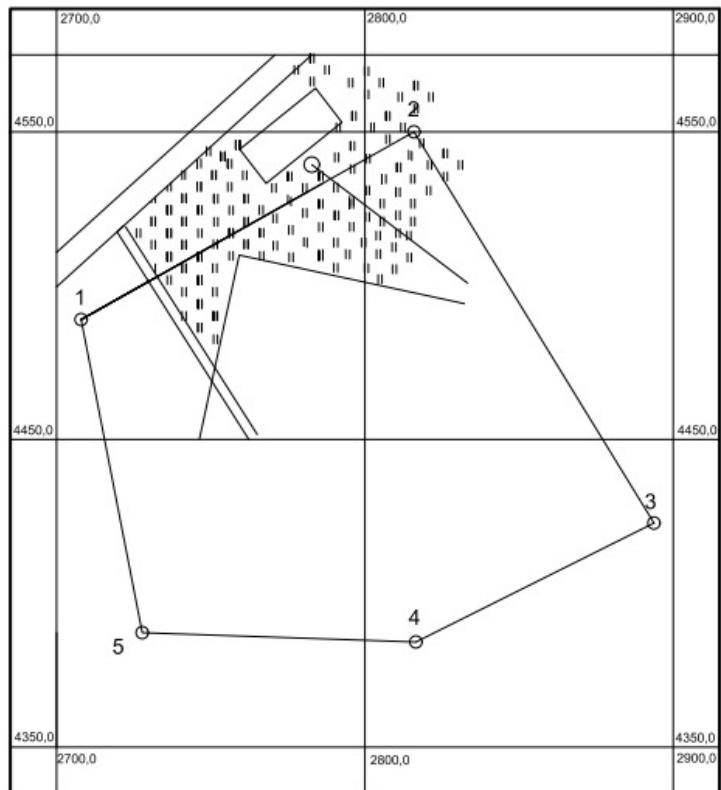
Нанесение на план точек теодолитного хода (рисунок 3) производится по их вычисленным координатам. Для этого сначала определяют квадрат сетки, в котором должен находиться пункт. Далее на противоположных сторонах этого квадрата циркулем с использованием поперечного масштаба откладывают отрезки, соответствующие разностям одноименных координат точки и «младших» сторон квадрата. Точки отложения отрезков на сторонах квадрата попарно соединяют линиями, пересечение которых дает положение наносимого на план пункта. Для контроля производят повторное нанесение того же пункта относительно «старших» сторон квадрата.

Аналогично наносят по координатам все вершины теодолитного хода. Правильность нанесения на план двух соседних точек проверяют по длинам сторон хода. Для этого на плане измеряют расстояния между вершинами хода и сравнивают их с соответствующими горизонтальными проекциями сторон, взятыми из ведомости вычисления координат; расхождение не должно превышать 0,2 мм на плане, т. е. графической точности масштаба. Кроме того, правильность нанесения теодолитного хода на план можно проконтролировать, измерив транспортиром горизонтальные углы и дирекционные углы сторон и сравнив их с соответствующими значениями, приведенными в ведомости.



*Рисунок 3. Построение теодолитного хода по координатам*

Затем выполняют зарамочное оформление и вычерчивают план с соблюдением правил топографического черчения. (рис.5)



**План теодолитного хода  
масштаб 1:1000**

*Рисунок 5. Оформленный план*

## **Контрольные вопросы**

1. Какие основные измерения выполняются на местности при создании теодолитных ходов?
2. Назовите виды теодолитных ходов.
3. Перечислите полевые документы при теодолитной съемке.
4. Что такое абрис и для чего он нужен?
5. Какие способы съемки ситуации Вы знаете?
6. Как называется полевой документ, где изображают ситуацию на участке съемки?
7. Какие исходные данные необходимы для вычисления прямоугольных координат точек теодолитного хода?
8. Что такое невязка?
9. Что называется уравниванием?
10. Назовите формулу вычисления теоретической суммы углов для замкнутого теодолитного хода.
11. Как определить допустимую угловую невязку теодолитного хода?
12. В чем заключается контроль при вычислении дирекционных углов в ведомости прямоугольных координат?
13. По какой формуле вычисляют дирекционный угол последующей стороны для правоизмеренных горизонтальных углов?
14. Назовите формулы перехода от дирекционных углов к румбам.
15. Назовите формулы, по которым вычисляют приращения координат.
16. Как определить знаки приращений координат?
17. Как определить правильность вычисления приращений координат?
18. Каково общее правило распределения поправок в приращениях координат?
19. Что является контролем при вычислении координат точек теодолитного хода?
20. Какова допустимая невязка при вычислении приращений координат точек теодолитного хода?
21. Как вычисляют относительную невязку в приращениях координат точек теодолитного хода?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Вариант выбираем согласно номеру по списку в журнале

Вариант №1				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	88	11	12	
				142,40
2	116	36	48	
				160,76
3	115	26	6	
				150,67
4	108	59	30	
				121,28
5	110	45	60	
				223,09
1	88	11	12	
Дирек. Угол 1-2 = 208° 21' 4 2"				
Ст.1 (X,Y) = (621,48; -341,93)				

Вариант №2				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	83	26	12	
				147,17
2	120	27	12	
				163,06
3	107	53	30	
				143,84
4	105	8	30	
				125,30
5	123	4	48	
				193,59
1	83	26	12	
Дирек. Угол 1-2 = 236° 27' 4 8"				
Ст.1 (X,Y) = (656,90; 646,83)				

Вариант №3				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	94	17	18	
				165,81
2	110	40	48	
				163,43
3	114	16	54	
				157,95
4	101	11	36	
				150,85
5	119	32	60	
				181,19
1	94	17	18	
Дирек. Угол 1-2 = 160° 42' 42"				
Ст.1 (X,Y) = (486,04; 793,48)				

Вариант №4				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	92	24	24	
				145,55
2	120	13	6	
				137,32
3	114	12	0	
				127,30
4	118	8	18	
				150,39
5	95	1	54	
				202,99
1	92	24	24	
Дирек. Угол 1-2 = 201° 12' 24"				
Ст.1 (X,Y) = (-507,81; -384,90)				

Вариант №5				
точка стояния	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	113	20	36	
				165,81
2	100	39	48	
				158,21
3	117	38	42	
				165,42
4	109	28	42	
				164,16
5	98	51	54	
				185,80
1	113	20	36	
Дирек. Угол 1-2 = 329° 11' 06"				
Ст.1 (X,Y) = (359,16; -589,82)				

Вариант №6				
точка стояния	углы			длина сторон ы, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	91	49	36	
				162,88
2	117	29	24	
				139,23
3	120	20	36	
				135,61
4	109	18	30	
				165,52
5	101	2	30	
				201,79
1	91	49	36	
Дирек. Угол 1-2 = 122° 45' 42"				
Ст.1 (X,Y) = (-540,20; -575,07)				

Вариант №7				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	119	49	54	
				135,39
2	104	47	54	
				144,62
3	109	10	48	
				127,30
4	112	23	30	
				163,25
5	93	47	48	
				139,10
1	119	49	54	
Дирек. Угол 1-2 = 126° 45' 24"				
Ст.1 (X,Y) = (-715,02; 663,51)				

Вариант №8				
точка стоян ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
	°	'	"	
1	87	13	48	
				160,27
2	119	5	18	
				139,23
3	106	30	36	
				145,46
4	100	13	24	
				144,09
5	126	56	24	
				144,59
1	87	13	48	
Дирек. Угол 1-2 = 298° 46' 42"				
Ст.1 (X,Y) = (766,60; 293,16)				

Вариант №9					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	96	46	30		
				148,18	
2	110	33	24		
				139,23	
3	119	54	6		
				141,78	
4	109	5	54		
				138,30	
5	103	39	24		
				192,64	
1	96	46	30		

Дирек. Угол 1-2 =  $307^\circ 27' 00''$   
Ст.1 (X,Y) = (-767,66; -95,28)

Вариант №10					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	102	40	36		
				148,46	
2	105	8	48		
				164,55	
3	115	29	36		
				127,30	
4	114	12	0		
				149,09	
5	102	29	24		
				183,04	
1	102	40	36		

Дирек. Угол 1-2 =  $261^\circ 54' 42''$   
Ст.1 (X,Y) = (-681,87; -441,20)

Вариант №11					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	116	58	0		
				165,81	
2	100	47	36		
				162,37	
3	106	3	30		
				159,49	
4	106	42	54		
				162,32	
5	109	28	18		
				127,65	
1	116	58	0		

Дирек. Угол 1-2 =  $66^\circ 51' 22''$   
Ст.1 (X,Y) = (-649,57; -750,83)

Вариант №12					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	106	55	0		
				138,27	
2	102	41	54		
				137,87	
3	119	46	24		
				158,96	
4	103	6	12		
				125,30	
5	107	29	48		
				178,62	
1	106	55	0		

Дирек. Угол 1-2 =  $219^\circ 48' 30''$   
Ст.1 (X,Y) = (175,54; 307,94)

Вариант №13					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	87	48	54		
				144,22	
2	117	30	42		
				155,20	
3	119	4	6		
				165,08	
4	101	33	6		
				125,30	
5	114	2	24		
				228,79	
1	87	48	54		

Дирек. Угол 1-2 =  $69^\circ 49' 24''$   
Ст.1 (X,Y) = (175,54; 307,94)

Вариант №14					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	90	3	54		
				139,17	
2	117	12	6		
				163,21	
3	107	43	6		
				127,30	
4	104	2	30		
				144,51	
5	120	57	48		
				160,44	
1	90	3	54		

Дирек. Угол 1-2 =  $269^\circ 50' 12''$   
Ст.1 (X,Y) = (-53,46; 686,65)

Вариант №15					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	97	28	30		
				140,62	
2	108	38	36		
				150,06	
3	115	51	12		
				142,93	
4	113	30	42		
				121,28	
5	104	30	48		
				198,84	
1	97	28	30		

Дирек. Угол 1-2 =  $234^\circ 13' 18''$   
Ст.1 (X,Y) = (201,72; 764,22)

Вариант №16					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	92	17	6		
				143,57	
2	109	32	6		
				158,18	
3	117	44	12		
				150,45	
4	100	4	30		
				121,28	
5	120	22	54		
				194,16	
1	92	17	6		

Дирек. Угол 1-2 =  $109^\circ 50' 42''$   
Ст.1 (X,Y) = (766,08; 445,83)

Вариант №17					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
<b>1</b>	108	31	6		
				138,12	
<b>2</b>	107	57	0		
				139,23	
<b>3</b>	111	58	54		
				163,29	
<b>4</b>	101	50	54		
				136,22	
<b>5</b>	109	42	24		
				161,48	
<b>1</b>	108	31	6		

Вариант №18					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
<b>1</b>	91	12	48		
				154,33	
<b>2</b>	119	5	12		
				135,70	
<b>3</b>	108	47	54		
				127,30	
<b>4</b>	105	56	6		
				153,76	
<b>5</b>	114	58	36		
				145,30	
<b>1</b>	91	12	48		

Вариант №19				
точка стоян- ия	углы			длина стороны, м
	измеренный			
о	'	"		
1	88	11	12	
				142,40
2	116	36	48	
				160,76
3	115	26	6	
				150,67
4	108	59	30	
				121,28
5	110	45	60	
				223,09
1	88	11	12	

Вариант №20					
точка стоян- ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	83	26	12		
				147,17	
2	120	27	12		
				163,06	
3	107	53	30		
				143,84	
4	105	8	30		
				125,30	
5	123	4	48		
				193,59	
1	83	26	12		

Вариант №21		углы			длина стороны, м	
точка стояния	измеренный					
	°	'	"			
<b>1</b>	94	17	18			
				165,81		
<b>2</b>	110	40	48			
				163,43		
<b>3</b>	114	16	54			
				157,95		
<b>4</b>	101	11	36			
				150,85		
<b>5</b>	119	32	60			
				181,19		
<b>1</b>	94	17	18			

Вариант №22					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	92	24	24		
				145,55	
2	120	13	6		
				137,32	
3	114	12	0		
				127,30	
4	118	8	18		
				150,39	
5	95	1	54		
				202,99	
1	92	24	24		

Вариант №23					
точка стоян- ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
<b>1</b>	113	20	36		
				165,81	
<b>2</b>	100	39	48		
				158,21	
<b>3</b>	117	38	42		
				165,42	
<b>4</b>	109	28	42		
				164,16	
<b>5</b>	98	51	54		
				185,80	
<b>1</b>	113	20	36		

Вариант №24					
точка стоян- ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	91	49	36		
				162,88	
2	117	29	24		
				139,23	
3	120	20	36		
				135,61	
4	109	18	30		
				165,52	
5	101	2	30		
				201,79	
1	91	49	36		

Вариант №25					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	119	49	54		
				135,39	
2	104	47	54		
				144,62	
3	109	10	48		
				127,30	
4	112	23	30		
				163,25	
5	93	47	48		
				139,10	
1	119	49	54		
Дирек. Угол 1-2 = $26^\circ 45' 24''$ Ст.1 (X,Y) = (715,02; 663,51)					

Вариант №26					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	87	13	48		
				160,27	
2	119	5	18		
				139,23	
3	106	30	36		
				145,46	
4	100	13	24		
				144,09	
5	126	56	24		
				144,59	
1	87	13	48		
Дирек. Угол 1-2 = $198^\circ 46' 42''$ Ст.1 (X,Y) = (566,60; 393,16)					

Вариант №27					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	96	46	30		
				148,18	
2	110	33	24		
				139,23	
3	119	54	6		
				141,78	
4	109	5	54		
				138,30	
5	103	39	24		
				192,64	
1	96	46	30		
Дирек. Угол 1-2 = $107^\circ 27' 00''$ Ст.1 (X,Y) = (767,66; 95,28)					

Вариант №28					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	102	40	36		
				148,46	
2	105	8	48		
				164,55	
3	115	29	36		
				127,30	
4	114	12	0		
				149,09	
5	102	29	24		
				183,04	
1	102	40	36		
Дирек. Угол 1-2 = $61^\circ 54' 42''$ Ст.1 (X,Y) = (681,87; 441,20)					

Вариант №29					
точка стояния	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	116	58	0		
				165,81	
2	100	47	36		
				162,37	
3	106	3	30		
				159,49	
4	106	42	54		
				162,32	
5	109	28	18		
				127,65	
1	116	58	0		
Дирек. Угол 1-2 = $166^\circ 51' 22''$ Ст.1 (X,Y) = (1075,54; 307,94)					

Вариант №30					
точка стояния	углы			длина сторон ы, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	106	55	0		
				138,27	
2	102	41	54		
				137,87	
3	119	46	24		
				158,96	
4	103	6	12		
				125,30	
5	107	29	48		
				178,62	
1	106	55	0		
Дирек. Угол 1-2 = $319^\circ 50' 30''$ Ст.1 (X,Y) = (1705,54; 307,94)					

Вариант №31					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	87	48	54		
				144,22	
2	117	30	42		
				155,20	
3	119	4	6		
				165,08	
4	101	33	6		
				125,30	
5	114	2	24		
				228,79	
1	87	48	54		
Дирек. Угол 1-2 = $75^\circ 50' 24''$ Ст.1 (X,Y) = (766,08; 445,83)					

Вариант №32					
точка стоян ия	углы			длина стороны, м	
	измеренный				
	°	'	"		
1	90	3	54		
				139,17	
2	117	12	6		
				163,21	
3	107	43	6		
				127,30	
4	104	2	30		
				144,51	
5	120	57	48		
				160,44	
1	90	3	54		
Дирек. Угол 1-2 = $245^\circ 48' 00''$ Ст.1 (X,Y) = (-53,46; 686,65)					

## **Практическое занятие №9. Обработка результатов полевых измерений тахеометрической съемки**

*Цель занятия:*

Приобрести практические навыки в обработке журнала тахеометрической съемки.

Научиться составлять топографический план по результатам тахеометрической съемки.

*Обеспеченность занятия:*

Журнал тахеометрической съемки с вариантами исходных данных.

*Содержание практического занятия*

1. Рассчитать журнал одной станции тахеометрического хода:
  - вычислить углы наклона;
  - вычислить горизонтальное проложение и превышения речных точек;
  - вычислить отметки речных точек.
2. Построить топографический план по вычисленному тахеометрическому журналу (Таблица 1):
  - нанести на план все речные точки в масштабе 1:2000;
  - нарисовать рельеф с помощью палетки;
  - выполнить оформление плана.

### **Порядок выполнения работы**

Журнал тахеометрической съемки обрабатывается в следующем порядке.

**1. Вычисление углов наклона.** Угол наклона находим по следующей формуле:

$$\nu = BK - MO$$

где  $BK$  – отсчет по вертикальному кругу при круге лево на приборе,  $MO$  – место нуля, определенное в результате поверок прибора.

**2. Вычисление горизонтальных проложений** до речных точек по формуле

$$d = D \cdot \cos^2 \nu$$

где  $D$  – расстояние по дальномеру. Вычисляется с точностью до 0.1 м.

**3. Вычисление превышений речных точек.**

Если визирование выполнено на высоту инструмента, т. е.  $v = i$ , то превышение также можно вычислить по формуле:

$$h_{выч} = d \cdot \operatorname{tg} \nu$$

Если визирование выполнено на произвольную высоту, то превышение определяем по формуле:

$$h_{выч} = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - v$$

**4. Вычисление отметок речных точек** выполняем по формуле:

$$H = H_{ст} + h$$

При вычислении высот речных точек следует обязательно учитывать, что каждая съёмочная станция имеет свою высотную отметку ( $H_{ст}$ ), а превышение  $h$  имеет знак «плюс» или «минус».

### **Задание 1**

Рассчитать журнал одной станции тахеометрического хода (Таблица 1). Отметку станции А принять равной  $H_A = 100,00 + N$  (м), где  $N$  – номер по списку.

Таблица 1. Тахеометрический журнал

Станция А:  $i = v = 1,41$  м, МО =  $-0^{\circ}01'$   $H_A = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

Лимб горизонтального круга ориентирован по магнитному меридиану.

№ точки	Отсчеты			Горизонталь-ное проложе-ние, $d$ , м	Угол наклон а $v$	Превыше-ниe $h$ , м.	Отметки , $H$ , м.	Примеча-ние
	по дальности, $D$ , м	по вертикаль-ному кругу, ВК	по горизонталь-ному кругу, ГК					
1	100,0	-2°06'	55°19'					
2	104,8	-1°07'	87°46'					
3	100,4	-2°28'	126°18'					
4	130,4	-3°58'	150°20'					
5	75,3	-4°13'	211°12'					
6	64,7	+1°44'	258°25'					
7	90,4	-2°25'	320°08'					
8	69,6	-5°11'	342°53'					
9	124,6	-4°18'	34°27'					$v = 2,2$ м.

**5. Построение топографического плана.** По данным таблицы 1 строим топографический план в масштабе 1:2000 с сечением рельефа  $h = 2,0$  м.

1) На листе чертежной бумаги формата А4, примерно в центре, наметить точку А и провести через нее вертикальную линию – направление магнитного меридиана СЮ.

2). При помощи транспортира от северного конца магнитного меридиана отложить по ходу часовой стрелки значения горизонтальных углов (магнитных азимутов) на все реечные точки и провести направление.

3). На проведенных направлениях от точки А в масштабе 1:2000 отложить горизонтальные проложения и наколоть точки. Точки обвести кружком диаметром 1 мм. Справа от точки в виде дроби указать: в числителе номер точки, а в знаменателе ее отметку.

4). Интерполяцию горизонталей выполнять графическим способом. Отметки горизонталей должны быть четными, например 78,80,82 и т. д. Горизонтали, кратные 10 метрам показываются на плане утолщенными.

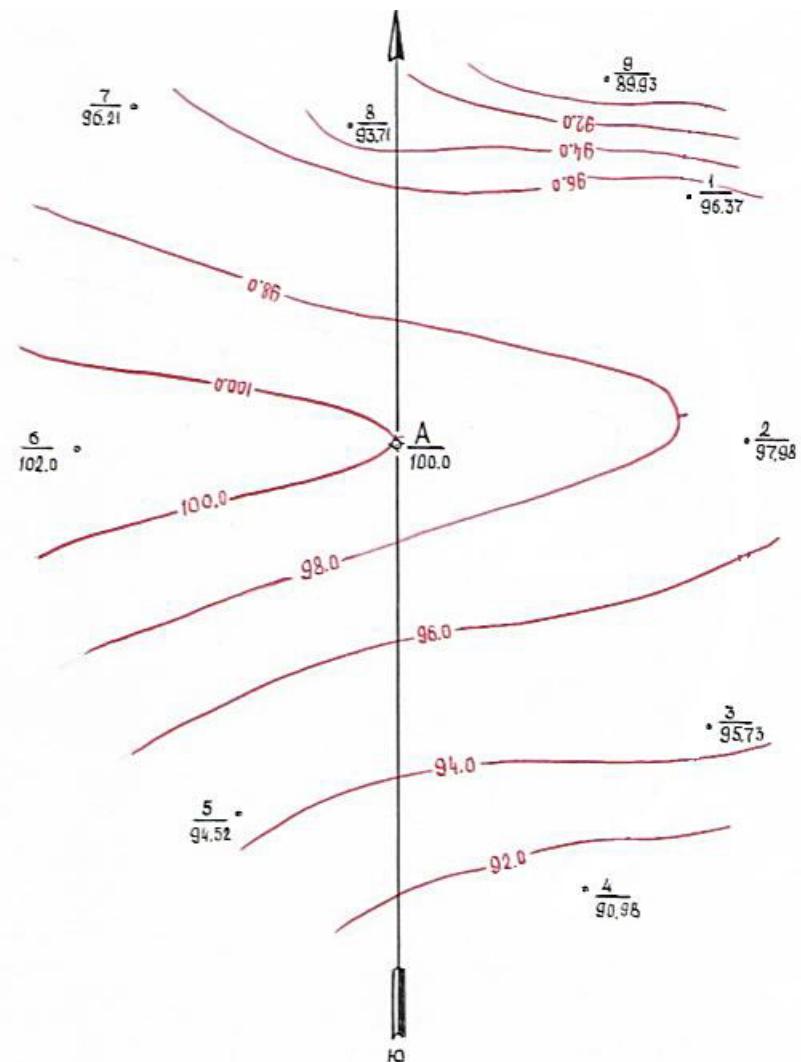
5). Подготовленный план в карандаше оформить в туши. Горизонтали вычертить и подписать коричневым цветом, а все остальные элементы плана – черной тушью (см. рис. 1).

### Задание 2

По вычисленному журналу тахеометрической съемки (Таблица 1) вычертить план в горизонталях согласна варианта. Ответить письменно на любых 3 контрольных вопроса.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность тахеометрической съемки?
2. В чем заключается камеральная обработка результатов тахеометрической съемки?
3. По каким формулам вычисляется превышение на реечные точки и горизонтальные проложения?
4. Какие приборы используют при тахеометрической съемке?
5. Перечислите полевые документы при тахеометрической съемке.
6. Каким образом изображают рельеф на планах?
7. В чем заключается интерполирование с помощью палетки?



1 : 2000 h = 2,0 м.

Исполнитель:  
Преподаватель:

Рисунок 1. План тахеометрической съемки

## **Практическое занятие №10. Исследование конструкции нивелиров Н-3, 4Н-3КЛ и нивелирных реек. Проверки нивелира**

**Цель занятия:**

Изучить конструкцию нивелира, понять принцип работы. Приобрести практические навыки по выполнению поверок нивелира. Изучить методику измерения превышения на станции технического нивелирования.

**Коды формируемых компетенций:** ОК 4,8,9.

**Обеспеченность занятия:** нивелир Н3, нивелирные рейки.

### **Содержание практического занятия**

1. Изучить устройство нивелиров Н3, 4НЗКЛ.
2. Нарисовать схемы устройства приборов в тетрадь.
3. Научиться приводить приборы в рабочее положение.
4. Научиться выполнять поверки нивелира

### **Порядок выполнения работы**

**Нивелир** - геодезический прибор, предназначенный для определения превышений с помощью горизонтального визирного луча.

В современном приборостроении и геодезии соответственно выпускаются и применяются оптические нивелиры, которые можно позволить классифицировать на два вида:

- оптико-механические;
- оптико-электронные, еще их называют цифровыми.

И в тех и других устройствах существующие системы наблюдения и ориентирования имеют одинаковую связь между оптикой и геометрией. Ориентирование обеспечивается через визирную ось относительно отвесной линии. Наблюдение осуществляется через зрительную трубу и механизм наведения. А вот отличие между ними заключается в отсчетных системах соответственно визуальной и электронной.

Оптические нивелиры также различают по степени точности. Среди них можно выделить:

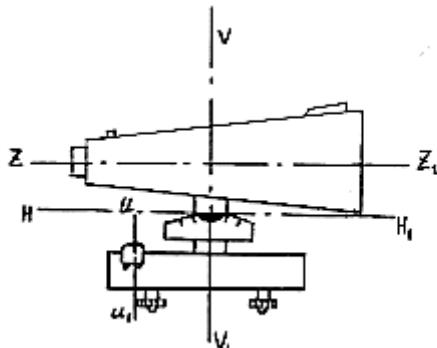
- высокоточные;
- точные;
- технической точности.

Еще, все производимые сегодня оптические нивелиры в зависимости от приведения визирного луча к горизонтали можно разделить на два вида:

- с цилиндрическим установочным уровнем визирной оси, которая выводится в горизонтальное положение так называемым элевационным винтом, соединенным с уровнем (Н-3);
- с самоустанавливающимся визирным лучом при помощи компенсаторов, автоматически выставляющих его в горизонтальную плоскость (Н-3К).

Все современные приборы сейчас изготавливаются большей частью с компенсаторами, позволяющими увеличивать производительность труда полевых работ.

Основные оси нивелира (рис. 1): ZZ – визирная ось зрительной трубы; VV – ось вращения прибора; HH – ось цилиндрического уровня; UU – ось круглого уровня.



*Рисунок 1. Основные оси нивелира*

**Устройство нивелира Н-3.** Нивелир Н-3 (рис. 2) относится к классу точных нивелиров. Средняя квадратическая ошибка передачи высот на 1 км нивелирного хода составляет не более 3 мм.

Устройство приведено на рисунке 2

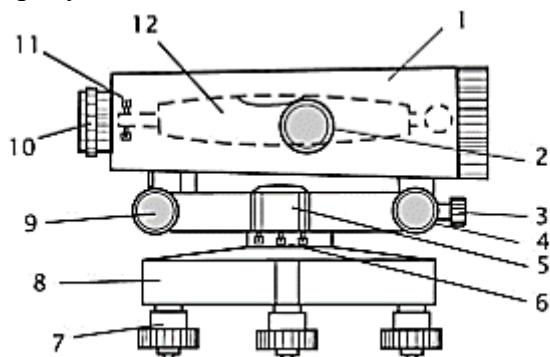


Рисунок 2. Устройство нивелира Н-3:

1 - зрительная труба; 2 - фокусирующий винт зрительной трубы; 3, 4 - закрепительный и наводящий винты; 5 - круглый уровень; 6 - исправительные винты круглого уровня; 7 - подъемные винты; 8 - подставка; 9 - элевационный винт; 10 - окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 - исправительные винты цилиндрического уровня; 12 - цилиндрический уровень.

Для выполнения измерений нивелиром Н-3 устанавливают на штативе и подъемными винтами 7 приводят в нуль-пункт пузырек круглого уровня 5. Пользуясь закрепительным 3 и наводящим 4 винтами, наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 10 фокусируют трубу “по глазу” и вращением головки фокусирующего винта 2 - “по предмету”. В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей, изображение нивелирной рейки и в отдельном окошке - изображения двух половинок цилиндрического уровня (рис. 3).

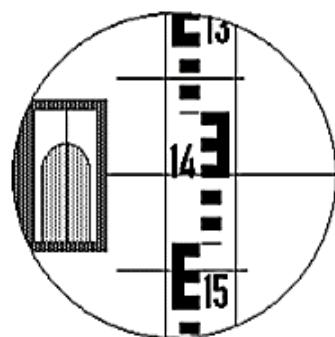


Рисунок 3. Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3:  
отсчет по рейке равен 1439 мм

Вращая элевационный винт 9 (рис. 2), изменяющий наклон трубы 1 и цилиндрического уровня 12, приводят ось уровня в горизонтальное положение. Ось уровня горизонтальна, если его пузырек находится в нуль-пункте, на что указывает совмещение концов изображений половинок уровня в поле зрения трубы (рис. 3). Отсчет берут по среднему штриху сетки нитей.

### Устройство нивелира 4Н-3КЛ

Оптический нивелир 4Н-3КЛ - компактный и надёжный инструмент отечественного производства, созданный специально для использования в строительстве. Прибор прост и удобен в эксплуатации, может использоваться при производстве земляных работ, переносе высотных отметок, при разбивке инженерных коммуникаций, а также во многих других случаях.

Нивелир 4Н-3КЛ снабжён фрикционным механизмом наведения с двусторонним расположением винтов, позволяющим производить точное наведение, одновременно с фокусированием на рейку.

Благодаря системе магнитного демпфирования, реализованной в нивелире 4Н-3КЛ, визирная ось инструмента остаётся стабильна как при сильном ветре, так и при вибрациях.

Благодаря наличию в основании инструмента металлического лимба и удобно расположенного индекса становится возможным «снятие» и «вынос» горизонтальных углов.

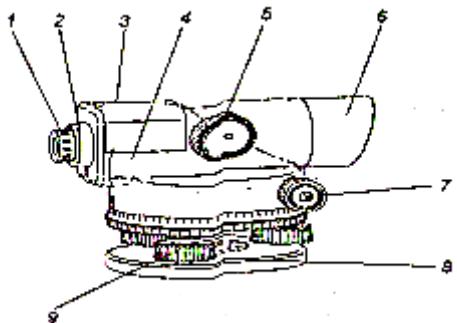


Рисунок 4. Общий вид нивелира 4Н-3КЛ:

1 – окуляр ; 2 – колпачок ; 3 – крышка ; 4 – корпус ; 5 – кремальера ; 6 – бленда ; 7 – наводящий винт ; 8 – подставка ; 9 – подъемный винт

В верхней части корпуса 4 (рисунок 4) нивелира находятся детали зрительной трубы (объектив, фокусирующая линза, обрамляющий блок призм, окуляр с сеткой). Одна из призм обрамляющего блока закреплена на маятнике, подвешенном 4-х торсионах. Вынужденные колебания маятника компрессором гасятся магнитным демпфером. При наклоне нивелира маятник с призмой занимает положение, при котором визирная ось зрительной трубы автоматически устанавливается горизонтально. Компенсатор сверху закрыт крышкой 3.

Нивелир фокусируем на рейку кремальерой 5. Вращением диоптрийного кольца окуляра 1 устанавливаем по глазу наблюдателя до получения четкого изображения сетки нитей. Бленда 6 защищает от прямых солнечных лучей.

В нижней части корпуса находится вертикальная ось и механизм наводящего винта для точного наведения нивелира по азимуту. Две рукоятки наводящего винта 7 расположены по обе стороны корпуса. Червячная передача и фрикционное устройство позволяет наводить нивелир на рейку наводящим винтом без ограничения угла поворота, а также свободно вращать его рукой.

Сбоку в нижней части корпуса установлен круглый установочный уровень 2 (рисунок 5). Над уровнем расположено зеркало 3, наклоном которого устанавливают положение, наиболее удобное для наблюдения пузырька уровня.

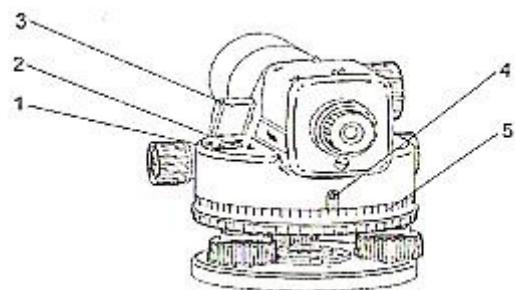


Рисунок 5. Нивелир 4Н-3КЛ: 1 – юстировочный винт ; 2 – установочный уровень ; 3 – зеркало уровня ; 4 – индекс ; 5 – лимб

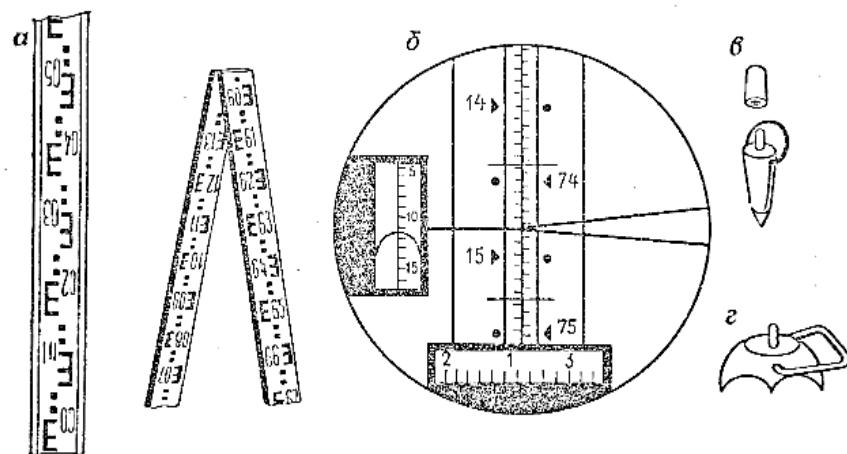
### **Нивелирные рейки**

Нивелирные рейки изготавливаются из деревянного бруска двутаврового сечения толщиной 2-3 см, длиной 4м, 3м, 1.5м. 1.2м и короче, складные и цельные (рис.6,а). Основная шкала (черная сторона) состоит из чередующихся черных и белых сантиметровых делений. Счет делений ведут от нуля, совмещенного с основанием рейки, называемого «пяткой». На дополнительной шкале (красная сторона) начальный отсчет выражается определенным числом. Разность отсчетов по основной и дополнительной шкалам рейки должна оставаться всегда постоянной, что служит контролем правильности снятия отсчетов по рейке на станции.

В комплект нивелира с прямой трубой входят рейки с прямыми надписями. Для удобства и быстроты установки нивелирные рейки иногда снабжают круглыми уровнями. Рейки маркируют

так: например, РН-10П3000С, что означает, что эта рейка нивелирная, со шкалой деления 10 мм, прямой надпись цифров, длиной 3000 мм, складная.

При производстве нивелирования I и II классов используются штриховые инварные рейки (рис.6,б). Во время работы рейки ставят на башмаки (рис.6,г), костыли (рис.6,в) или деревянные коляя.



### Задание 1

Зарисовать в тетрадь схемы нивелиров Н-3 и 4Н-3КЛ и указать основные части.

Привести приборы в рабочее положение.

### Проверки и юстировки нивелиров

При подготовке нивелира к работе выполняют следующие проверки:

1. Проверка правильности установки круглого уровня;
2. Проверка правильности установки сетки нити;
3. Проверка главного условия нивелира.

#### 1-ая проверка.

**Условие проверки:** ось круглого уровня UU должна быть параллельна оси вращения JJ нивелира (рис. 1а и 1,д).

#### Порядок выполнения:

Вращением трех подъемных винтов трегера пузырек круглого уровня приводят на середину. Затем верхнюю часть нивелира поворачивают на 180°. Если при этом пузырек остается в центре, то проверка выполнена. При смещении пузырька более, чем на 1.5 деления, выполняют юстировку: действуя исправительными винтами уровня смещают пузырек в сторону нуль - пункта на половину отклонения. На вторую половину отклонения пузырек смещается подъемными винтами.

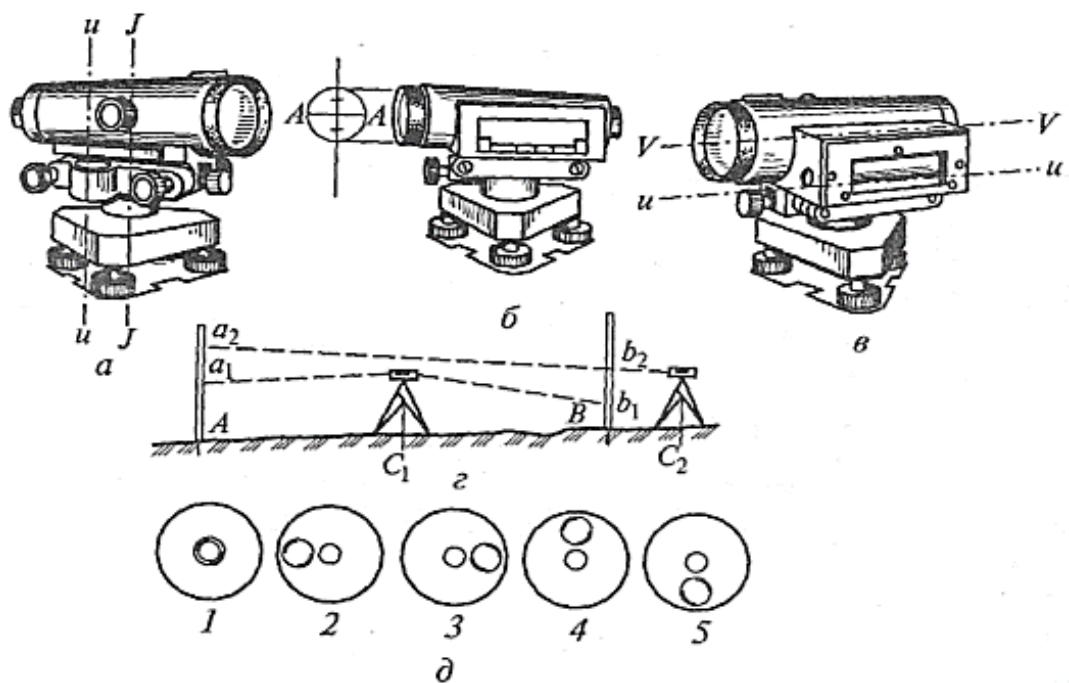


Рисунок 1. Проверки нивелира: а, б, в – схема расположения осей; г – положение нивелира при проверке главного условия; д – положения пузырька круглого уровня.

## 2-ая поверка.

**Условие поверки:** горизонтальная нить сетки АА должна быть перпендикулярна оси вращения ЈЈ нивелира(рис.1б).

### Порядок выполнения:

Наводят трубу нивелира на рейку на расстоянии 20-30 м левым концом средней горизонтальной нити и снимают отсчет по рейке. Немного повернув трубу, наводят на рейку правый конец средней горизонтальной нити и снимают отсчет по рейке. Если отсчеты различаются, требуется юстировка сетки нитей. Для этого ослабляют закрепительные винты окуляра к зрительной трубе и поворачивают окуляр с сеткой нитей в нужную сторону.

## 3-тья поверка.

Условие поверки (главное геометрическое условие нивелира): визирная ось ВВ зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня УУ (для нивелиров с цилиндрическим уровнями рис.1в).

Проверка выполняется в полевых условиях двойным нивелированием одной и той же линии.

### Порядок выполнения:

На местности с небольшим уклоном забивают 2 колышка на расстоянии 50-70 метров.

Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой А (рис.2). Рейкой измеряют высоту инструмента  $i_1$  и берут отсчет  $b$  по рейке, стоящей в т. В.

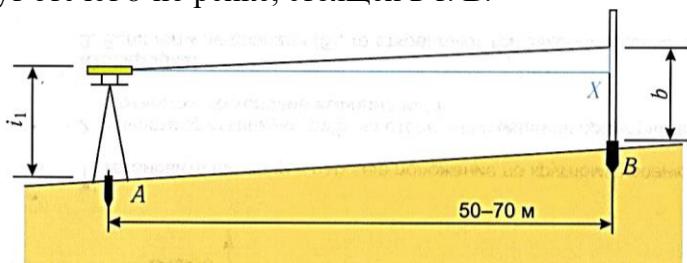


Рисунок 2. Схема выполнения поверки

Нивелир переставляют в т. В, измеряют высоту  $i_2$  и берут отсчет  $a$  (рис.3).

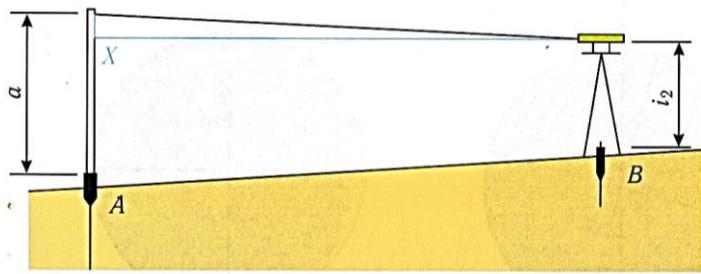


Рисунок 3. Схема выполнения поверки

Если условие поверки не соблюдено, то в оба отсчета вошла ошибка  $x$ , которая определяется по формуле:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a + b}{2}$$

Если  $|x| \leq 4\text{мм}$ , то главное геометрическое условие выполняется.

Если это условие не выполняется, то требуется юстировка.

Для выполнения юстировки предвычисляют правильный отсчет на дальнюю рейку

$$a_1 = a - x$$

Вращением элевационного винта устанавливают среднюю горизонтальную нить на этот предвычисленный отсчет  $a_1$ , при этом пузырек цилиндрического уровня сойдет с нуль-пункта. Ослабив боковые исправительные винты цилиндрического уровня, вертикальными исправительными винтами добиваются «контакта» изображений концов пузырька уровня.

Для нивелиров с компенсатором (Н-3К, Н-10КЛ и т.д.) поверка главного условия выполняется так же, а юстировка производится вращением исправительных винтов сетки нитей путем ее перемещения вверх или вниз.

Нивелир с компенсатором не должен иметь недокомпенсации. Приведя нивелир в рабочее положение по круглому уровню и взяв отсчет по рейке, установленной в 40-50м, поворачивают один из подъемных винтов, расположенного в направлении рейки. Если в течение 1-2 с первоначальный отсчет восстановится, это свидетельствует о нормальной работе компенсатора. В случае невыполнения условия, его необходимо сдать в мастерскую по ремонту геодезических приборов.

## Задание 2

Выполнить поверки нивелира. Результаты измерений и вычислений записать в тетрадь.  
Ответить на контрольные вопросы письменно.

## Контрольные вопросы

1. Что такое нивелир?
2. Как привести нивелир в рабочее положение?
3. Чем технически отличаются нивелиры Н-3 и 4Н-3КЛ?
4. Какие рейки бывают?
5. Чему равна цена деления деревянной рейки?
6. Как производится поверка круглого уровня?
7. Какое главное условие предъявляется к нивелиру?
8. Порядок производства поверки главного условия нивелира?

## Практическое занятие №11. Определение превышений и отметок точек

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по выполнению технического нивелирования из середины.

Обеспеченность занятия: нивелир Н3 или 4Н-3КЛ, нивелирные рейки.

### Содержание практического занятия

- Научиться выполнять техническое нивелирование и заполнять журнал.

### Порядок выполнения работы

#### Нивелирование «из середины»

Превышение одной точки над другой можно определить также путем установки прибора для нивелирования по середине между этими точками. Такой способ называют **нивелированием из середины**. При этом способе на задней и передней точках устанавливают рейки, а прибор располагают на середине между этими точками. После того, как визирная ось зрительной трубы прибора будет приведена в горизонтальное положение, берут отсчеты по горизонтальной нити сетки поочередно по задней и передней рейкам. Отсчет по задней рейке обозначается буквой **З** (задний отсчет), а отсчет по передней рейке буквой **П** (передний отсчет).

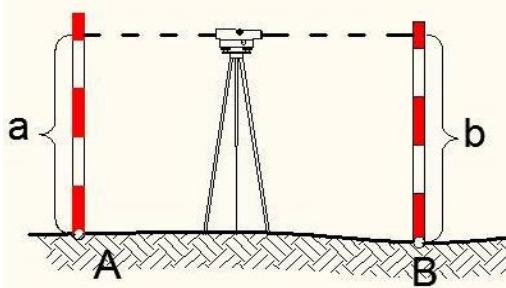


Рисунок 1. Схема нивелирования «из середины»

Из рисунка 4 видно, что превышение  $\Delta h$  определяется как разность отсчетов З и П по рейкам  $\Delta h = З - П = a - b$ .

При нивелировании из середины прибор устанавливается необязательно в створе нивелируемых точек. Однако расстояния между рейками и нивелиром должны быть одинаковыми независимо от того, где стоит нивелир.

Отсчеты снимают по черной и красной стороне рейки и записывают в журнал технического нивелирования в следующем порядке:

- отсчет по черной стороне задней рейки  $a_q$ ;
- отсчет по красной стороне задней рейки  $a_k$ ;
- отсчет по черной стороне передней рейки  $b_q$ ;
- отсчет по красной стороне передней рейки  $b_k$

Превышения выполняются по красной и черной сторонам реек, как разность отсчетов «задние» минус «передние»:

$$h_q = a_q - b_q$$
$$h_{kp} = a_{kp} - b_{kp}$$

Контроль правильности измерений на станции заключается в том, что превышения, полученные по красным и черным отсчетам, не должны отличаться более, чем на 5 мм, т.е.

$$|h_q - h_k| \leq 5\text{мм.}$$

Пример записи в журнале технического нивелирования показан в таблице 1.

Журнал технического нивелирования.

Таблица 1

№ ст.	№ нр	Отсчеты по рейке			Превышения		Ср.превыш.		Г.и.	Отметки точек
		Задн.	Перед.	Пром.	+	--	+	--		
1	A	1218				229			33.456	33.226
	B	5900	1447	6131		231		230		

Среднее превышение определиться по формуле:

$$h_{\text{среднее}} = \frac{h_q + h_k}{2}$$

Полученный ответ округляем до целых миллиметров.

Отметка точки В вычисляется алгебраическим сложением отметки точки А, которая дана в метрах, со средним превышением, которое дано в мм. При вычислениях превышение в мм необходимо перевести в метры.

### Задание 1

Выполнить нивелирование с 3-х станций в кабинете геодезии. Результаты измерений и вычислений оформить по примеру Таблицы 1.

Ответить на контрольные вопросы письменно.

### Контрольные вопросы

1. Последовательность снятия отсчетов по рейкам на станции технического нивелирования?
2. Как вычисляется превышение?
3. В чем заключается контроль правильности измерения на станции технического нивелирования?

Практическое занятие № 12-14. Расчетно-графическая работа №2

## **Составление проекта вертикальной планировки под горизонтальную площадку**

## *Цель занятия:*

Научиться вычислять планировочную отметку площадки и приобрести навыки в последовательности составления картограммы земляных работ.

*Обеспеченность занятия: Журнал нивелирования по квадратам и абрис съемки.*

## **Содержание практического занятия**

1. Вычисление абсолютных отметок вершин квадратов.
  2. Построение топографического плана участка методом интерполяции. Масштаб 1:500, сечение рельефа 0,5 м.
  3. Вычисление проектной отметки Нпр.
  4. Вычисление рабочих отметок  $h_{раб}$  и составление картограммы земляных работ.
  5. Определение линии нулевых работ.
  6. Подсчёт объемов земляных работ, оценка баланса земляных работ

## **Порядок выполнения работы**

Проектирование горизонтальной площадки обычно производится с соблюдением условия нулевого баланса земляных работ. Под этим условием понимается сведение земляных работ к минимуму и обеспечение равенства объемов выемки и насыпи.

Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается созданием горизонтальной площадки с проектной отметкой.

Подобные площадки приходится проектировать при строительстве спортивных сооружений, стоянок автотранспорта, трамвайно-троллейбусных парков и т.п.

Рассмотрим проектирование горизонтальной площадки

**Пример расчета вертикальной планировки под горизонтальную площадку**

Требуется: разработать проект вертикальной планировки площадки при следующих исходных условиях (Рисунок 1)

- отметки участка получены при нивелировании по квадратам;
  - проектируется горизонтальная площадка с приблизительным обеспечением баланса земляных работ;
  - проектирование заканчивается составлением картограммы земляных масс.
  - размеры квадратов принимаются  $20 \times 20$  м (при масштабе плана 1:500).

<i>F</i>	147,13	147,58	146,83	146,12	146,65	147,21
<i>B</i>	147,78	148,73	148,07	147,64	147,95	148,16
<i>B</i>	147,83	147,48	147,08	147,50	147,62	148,14
<i>A</i>	148,23	147,64	147,23	147,71	148,32	149,13

*Рисунок 1. План площадки с отмечками земли*

**Последовательность выполнения работы:**

1. На листе чертежной бумаги дважды вычерчивают сетку квадратов (см. рис.1).

В вершинах квадратов (см. рис. 1) выписать отметки. Например, в вершине A<sub>1</sub> это 148,23, в вершине A<sub>2</sub> –147,64, A<sub>3</sub> – 147,23 и т.д.

На полученной сетке строим план поверхности интерполярированием на формате А3.

2. Определить проектную отметку горизонтальной площадки с приблизительным балансом земляных работ по формуле. Проектная отметка вычисляется по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n}$$

Где H<sub>1</sub> – сумма вершин, попадающих в один квадрат; H<sub>2</sub> – сумма вершин попадающих в два квадрата; H<sub>3</sub> – сумма вершин попадающих в три квадрата; H<sub>4</sub> – сумма вершин попадающих в четыре квадрата; n – количество квадратов.

У данной сетки квадратов нет отметок вершин, относящихся сразу к трем квадратам, поэтому

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4 \cdot n} = \frac{591,7 + 2 * 1769,99 + 4 * 1182,07}{4 * 15} = 147,68 \text{ м}$$

3. Записать полученную проектную отметку в верхнем левом углу (см. рис. 2), найти рабочие отметки по формуле:

$$h_p = H_{\text{пр}} - H_i^{\text{abc}}$$

и зафиксировать их в вершинах квадратов. Так, в вершине A<sub>1</sub> это –0,55, в вершине A<sub>2</sub> +0,04, в A<sub>3</sub> +0,45 и т.д. Вычисленное значение рабочей отметки вершины, подписываем на картограмме синей гелиевой ручкой, а под ней пишем значение проектной отметки H<sub>пр</sub> красной гелиевой ручкой.

$$H_{\text{пр}} = 147,68 \text{ м}$$

	+0,55	+0,10	+0,85	+1,56	+1,03	+0,47
G	147,13	147,58	146,83	146,12	146,65	147,21
B	-0,10	-1,05	-0,39	+0,04	-0,27	-0,48
	147,78	148,73	148,07	147,64	147,95	148,16
B	-0,15	+0,20	+0,60	+0,18	-0,14	-0,46
	147,83	147,48	147,08	147,50	147,62	148,14
A	-0,55	+0,04	+0,45	-0,03	-0,64	-1,45
	148,23	147,64	147,23	147,71	148,32	149,13
	1	2	3	4	5	6

*Рисунок 2. План с рабочими отметками*

5. Для разработки картограммы земляных работ (см. Рисунок 3) необходимо обозначить контуры насыпи и выемок линиями нулевых работ. Линию нулевых работ определяют точки нулевых работ на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют отметки с противоположными знаками (линии В<sub>1</sub>–Г<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>–В<sub>2</sub> и т.д.). Положение точки нулевых работ на стороне квадрата определится величиной l<sub>1</sub> или l<sub>2</sub>.

Для построения линии нулевых работ на сторонах квадратов находят положение точек нулевых работ по формулам:

$$l_1 = a \frac{|h_{p_1}|}{|h_{p_1}| + |h_{p_2}|}; \quad l_2 = a \frac{|h_{p_2}|}{|h_{p_1}| + |h_{p_2}|}$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния от вершин квадрата до точки нулевых работ; а – сторона квадрата;  $h_{p1}$  и  $h_{p2}$  рабочие отметки на концах стороны квадрата. Очевидно, что  $l_1 + l_2 = a$ . (см Рисунок 3)

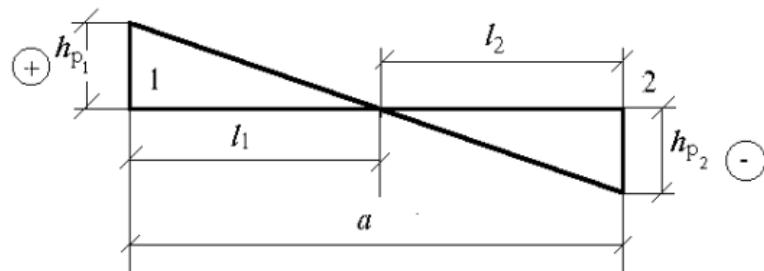


Рисунок 3. К определению положения точек нулевых работ

Линии нулевых работ обозначают прямолинейными отрезками, значения  $l$  выписывают на стороне квадрата (см. рис. 4, на стороне  $B_1-G_1$   $9,16 = 1$  м; на стороне  $B_2-G_2$   $4,18 = 1$  м и т.д.)

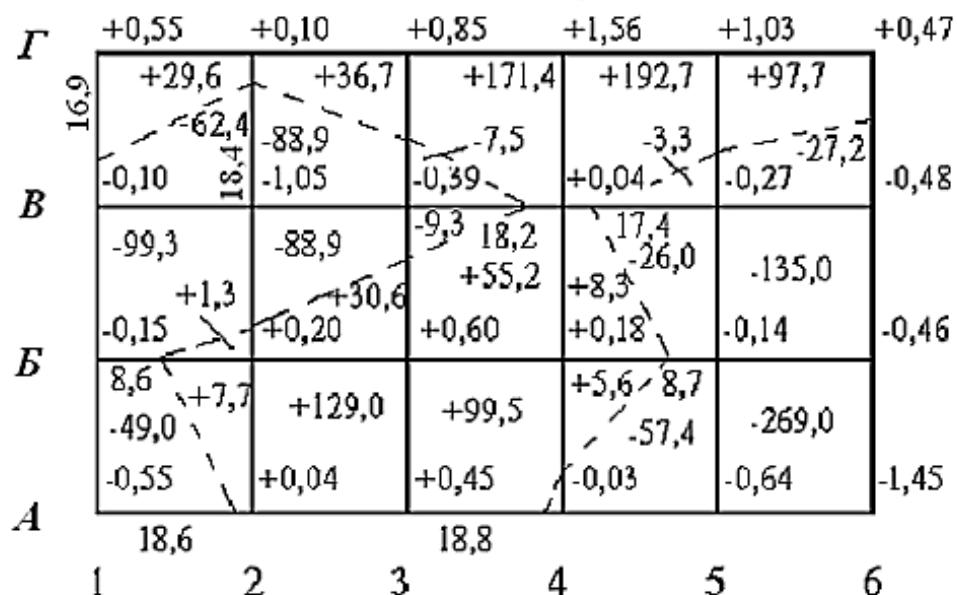


Рисунок 4. Картограмма земляных работ

6. Вычислить раздельно для выемок и подсыпок в каждом квадрате объемы земляных работ (см. рис. 4) по формуле:

$$V = h_{p(cp)} \cdot S$$

Где  $h_{p(cp)}$  – среднее значение рабочих отметок;  $S$  – площадь квадрата или части, которую можно найти, зная длины сторон этих фигур.

7. Вычисленные на картограмме объемы насыпей и выемок оформляют в виде ведомости (см. Таблица 2)

Таблица 2. Ведомость подсчета объемов земляных масс

№ фигуры	Площадь, м <sup>2</sup>	Средняя рабочая отметка фигуры, м	Объём, м <sup>3</sup>	
			Насыпь (-)	Выемка (+)
1				
...				
..10				
			$\sum V_{\text{насыпь}}$	$\sum V_{\text{выемки}}$

7. Проверить баланс земляных работ по формуле:

$$V = \frac{|\sum V_{\text{выемки}}| - |\sum V_{\text{насыпи}}|}{|\sum V_{\text{выемки}}| + |\sum V_{\text{насыпи}}|} \cdot 100\%$$

Эта величина не должна превышать 3 %.

При необходимости решение корректируется, т.е. уточняется проектная отметка горизонтальной плоскости.

### Задание

По результатам нивелирования поверхности определены абсолютные отметки вершин квадратов. Необходимо подготовить проект вертикальной планировки участка. Размер квадрата на местности 20x20 м.

Вариант считаем для каждого индивидуально. Необходимо преобразовать исходные абсолютные отметки в соответствии со своим номером по списку, увеличивая каждую отметку на число метров, равное своему номеру.

План поверхности чертим на формате А3, картограмму земляных работ вычерчиваем на миллиметровой бумаге формат А3.

Ответить на контрольные вопросы

### Исходные данные:

	А	Б	В	Г	Д
1	128,130	128,728	129,458	130,482	129,852
2	128,193	128,598	129,533	129,562	130,787
3	130,001	128,835	128,718	129,882	130,872
4	130,034	130,724	130,585	130,819	131,312
5	130,343	131,469	131,766	131,752	131,912

### Контрольные вопросы

- Что называется картограммой земляных работ?
- Что называется рабочей отметкой?
- По какой формуле вычисляется рабочая отметка?
- Что обозначает знак рабочей отметки?
- Что называется точкой нулевых работ?
- Как определяется положение нулевых точек на картограмме?
- Что называется линией нулевых работ и что она разделяет?
- По какой формуле вычисляется объём фигуры?
- Как контролируется правильность вычислений при балансе земляных масс на планируемой площадке?



Практическое занятие № 15-16. Вычисление элементов и главных точек кривых. Построение плана трассы

*Цель занятия:*

Приобрести практические навыки по расчету элементов и главных точек кривой. Построении плана линии.

*Обеспеченность занятия:* исходные данные для расчета, таблицы для разбивки кривых, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага

**Содержание практического занятия**

1. Научиться рассчитывать элементы и главные точки кривой
2. Научиться заполнять ведомость прямых и кривых
3. Научиться выполнять построение плана трассы

**ЗАДАНИЕ**

Вычислить пикетаж трассы длиной 18 пикетов по исходным данным, приведённым в Таблице 1. Рассчитать ведомость прямых и кривых. Оформить план трассы на миллиметровке в масштабе 1:10 000. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1. Исходные данные

Номер варианта	Наименование пикетов вершин поворота трассы, м		Значения углов поворота трассы		Радиусы кривых R,м		Румб исходного направления $r_{usx}$
	ВУ 1	ВУ 2	φ 1прав	φ 2 лев	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	
1	ПК6+40,80	ПК16+30,80	76°40'	100°	100	100	СВ: 64°45'
2	ПК4+10,20	ПК7+35,45	42°20'	60°	150	100	ЮВ: 64°45'
3	ПК2+85,10	ПК5+68,30	100°	60°	100	120	С3: 54°30'
4	ПК5+20,70	ПК9+15,20	60°	84°	200	100	ЮЗ: 34°45'
5	ПК3+70,80	ПК7+10,25	82°30'	60°	100	200	СВ: 14°40'
6	ПК6+25,45	ПК10+20,70	54°20'	90°	180	120	ЮВ: 30°45'
7	ПК7+35,60	ПК11+44,30	80°40'	66	120	180	С3: 20°30'
8	ПК4+44,20	ПК7+64,10	68°20	80°	140	100	ЮЗ: 37°45'
9	ПК8+16,90	ПК13+50,40	90°	74°	100	140	СВ: 50°45'
10	ПК3+74,50	ПК10+65,30	46°40'	60°	120	160	ЮВ: 4°25'
11	ПК6+10,75	ПК13+40,75	58°20'	100°	160	120	С3: 44°30'
12	ПК5+55,00	ПК8+28,40	68°44'	40	100	110	ЮЗ: 30°30'
13	ПК7+34,40	ПК14+55,00	72°32'	52°	110	100	СВ: 50°50'
14	ПК4+60,50	ПК11+47,30	38°20'	60°	200	150	С3: 40°30'
15	ПК6+70,40	ПК12+14,60	42°30'	80°	100	100	ЮЗ: 35°30'

**Порядок выполнения работы**

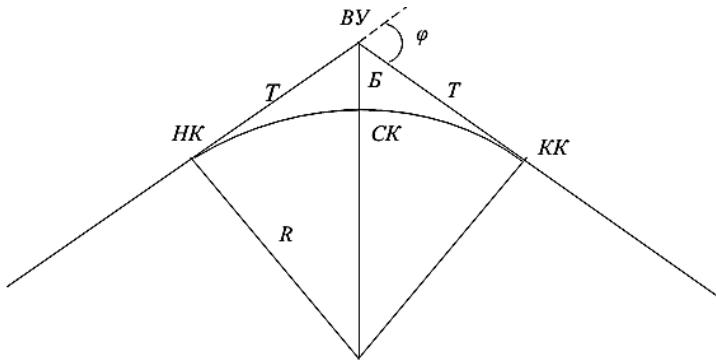
**1. Расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых**

Основными элементами круговой кривой являются (рис. 1):

1. Угол поворота φ – угловая величина отклонения трассы от первоначального направления.
2. Радиус кривой R – определяющий кривизну сопряжения в плане.
3. Тангенс Т – расстояние от вершины угла поворота ВУ до точек начала кривой НК или конца кривой КК.
4. Длина кривой К – длина дуги, между началом и концом кривой.

5. Домер  $\Delta$  – линейная разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой.

6. Биссектриса  $B$  – расстояние по биссектрисе внутреннего угла от вершины угла поворота до точки середины кривой  $CK$ .



*Рисунок 1. Основные элементы и главные точки круговой кривой*

В производственных условиях угол поворота трассы измеряется на местности, а значение радиуса указывается в проекте. Остальные элементы круговой кривой являются зависимыми от первых двух и вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} T &= R \cdot \tan \frac{\varphi}{2} \\ K &= R \cdot \pi \left( \frac{\varphi}{180^\circ} \right) \\ D &= 2T - K \\ B &= R \left( \frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right) \end{aligned}$$

Например:

$$\varphi_1 = 44^\circ 20'$$

$$R_1 = 200 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = 52^\circ 16'$$

$$R_2 = 300 \text{ м};$$

Тогда выполнив расчет по формулам, получим следующие результаты:

$$T_1 = 81,48 \text{ м}$$

$$K_1 = 154,75 \text{ м}$$

$$D_1 = 8,21 \text{ м}$$

$$B_1 = 15,96 \text{ м}$$

$$T_2 = 147,19 \text{ м}$$

$$K_2 = 273,67 \text{ м}$$

$$D_2 = 20,70 \text{ м}$$

$$B_2 = 34,16 \text{ м}$$

## 2. Расчет пикетажных значений главных точек кривых

Главными точками круговой кривой являются точки начала кривой  $NK$ , ее середина  $CK$  и конец кривой  $KK$  (см. рис. 1).

Пикетажные значения главных точек кривых вычисляются по формулам:

$$NK = BY - T$$

где  $BY$  – пикетажное значение вершины угла поворота;

$$KK = NK + K$$

$$CK = NK + K/2$$

Для **Контроля** вычислений пикетажные значения  $CK$  и  $KK$  находятся дополнительно по формулам:

$$KK = BY + T - D$$

$$CK = BY - D/2$$

Допустимое расхождение между пикетажными значениями точки конца круговой кривой и середины кривой, вычисленными по обеим формулам, не должно превышать 2 см.

Расчет пикетажных значений главных точек первой кривой приведен ниже. При расчетах необходимо в значениях основных элементов кривых выделять сотни метров (если они имеются).

Например, вместо  $K=193,44$  м следует писать ПК1 + 93,44 м.

Расчет производится по следующей схеме для каждой кривой:

Например: ВУ1 ПК1 + 76,00 м; ВУ2 ПК7 + 42,83 м. Тогда пикетажные значения главных точек получаться следующие:

$ВУ_1 -$	ПК1 + 76,00	$ВУ_2 -$	ПК7 + 42,83
$T_1$	ПК0 + 81,48	$T_2$	ПК1 + 47,19
<b>HK<sub>1</sub></b>	<b>ПК0 + 94,52</b>	<b>HK<sub>2</sub></b>	<b>ПК5 + 95,64</b>
$HK_1 +$	ПК0 + 94,52	$HK_2 +$	ПК5 + 95,64
$K_1$	ПК1 + 54,75	$K_2$	ПК2 + 73,67
<b>KK<sub>1</sub></b>	<b>ПК2 + 49,27</b>	<b>KK<sub>2</sub></b>	<b>ПК8 + 69,31</b>
$HK_1 +$	ПК0 + 94,52	$HK_2 +$	ПК5 + 95,64
$K_{1/2}$	ПК0 + 77,38	$K_{2/2}$	ПК1 + 36,84
<b>CK<sub>1</sub></b>	<b>ПК1 + 71,90</b>	<b>CK<sub>2</sub></b>	<b>ПК7 + 32,48</b>
<b>Контроль</b>			
$ВУ_1 +$	ПК1 + 76,00	$ВУ_2 +$	ПК7 + 42,83
$T_1 -$	ПК0 + 81,48	$T_2 -$	ПК1 + 47,19
$D_1$	ПК0 + 8,21	$D_2$	ПК0 + 20,70
<b>KK<sub>1</sub></b>	<b>ПК2 + 49,27</b>	<b>KK<sub>2</sub></b>	<b>ПК8 + 69,31</b>
$ВУ_1 -$	ПК1 + 76,00	$ВУ_2 +$	ПК7 + 42,83
$D_{1/2}$	ПК0 + 4,10	$D_{2/2}$	ПК0 + 20,70
<b>CK<sub>1</sub></b>	<b>ПК1 + 71,90</b>	<b>CK<sub>2</sub></b>	<b>ПК7 + 32,48</b>

Расхождение пикетажных значений конца круговой кривой, вычисленных по основной и контрольной формулам, не должно превышать 2 см.

### 3. Составление ведомости прямых и кривых

Зная румб начального направления, пикетажные значения вершин углов поворота и точек начала и конца обеих кривых, название (правый и левый) и величину углов поворота, составляют ведомость прямых и кривых, которая необходима для контроля всех вычислений, связанных с положением трассы в плане. Кроме того, она является основным документом для разбивки трассы на местности. Образец ведомости прямых и кривых приведен в Таблице 2.

Таблица 2

**Ведомость прямых и кривых**

№ точ.	Пикета жное значен ие ВУ	Углы поворота		Элементы кривых					Пикетажное положение главных точек			Прямая вставка	Расстояние между вершинами	Дирекцио нный угол	Румб
		Прав.	Лев.	R	T	K	D	B	НК	СК	КК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Нтр</b>	ПК0														
												94,52	176,00	64°48'	CB: 64°48'
<b>ВУ №1</b>	ПК1 + 76,00	44°20' '		200	81,47	154,75	8,21	15,96	ПК0 + 94,52	ПК1 + 71,90	ПК2 + 49,27				
												346,37	575,04	109°08'	ЮВ: 70°52'
<b>ВУ №2</b>	ПК7 + 42,83		52°16' '	300	147,19	273,67	20,70	34,16	ПК5 + 95,64	ПК7 + 32,48	ПК8 + 69,31				
												130,69	277,88	56°52'	CB: 56°52'
<b>Ктр</b>	ПК10														
						<b>ΣK=</b> <b>428,42</b>	<b>ΣD =</b> <b>28,91</b>					<b>ΣP = 571,58</b>	<b>ΣS = 1028,92</b>		

$$\sum P + \sum K = 571,58 + 428,42 = 1000 \text{ м}$$

$$\sum S - \sum D = 1028,92 + 28,91 = 1000,01 \text{ м}$$

**Графа 1** номер точек – заполняется через строчку названиями элементов переломов трассы в план. (Нтр, ВУ1, ВУ2, Ктр), где Нтр. – начало трассы; Ктр. – конец трассы.

**Графа 2** заполняется пикетажным обозначением переломов трассы в плане. Эти значения одинаковы для всех вариантов заданий.

**Графы 3 и 4** заполняются значениями углов поворота из индивидуальных данных.

**Графы 5 – 9** заполняются значениями элементов обеих кривых, вычисленных в подразделе 1.1., с подсчетом сумм кривых и домеров.

**Графы 10 и 12** заполняются данными вычислений пикетажных значений точек НК, КК и СК, выполненных в подразделе 1.2.

**Графа 13** заполняется величинами прямолинейных участков трассы Р, оставшихся после вписывания обеих круговых кривых. Способ их вычисления будет понятен при рассмотрении рис. 2 – схемы трассы с расчетными элементами.

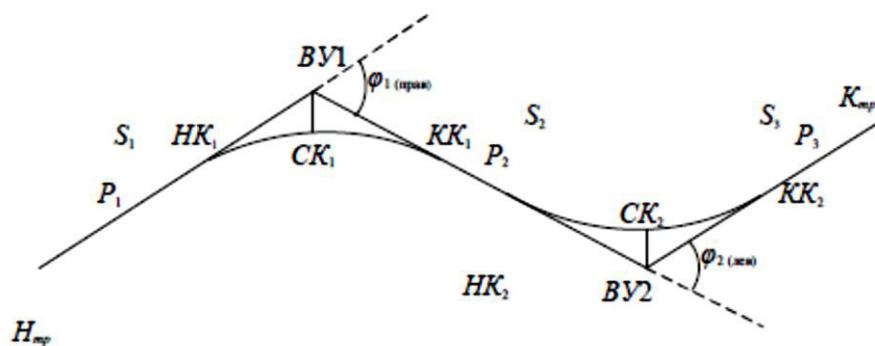


Рисунок 2. Схема трассы

Длины прямых вставок  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  вычисляются следующим образом.

- Длина прямой вставки, расположенной на стороне ПК0 – ВУ<sub>1</sub>, определяется разностью пикетажных значений начала первой кривой и начала трассы. Для нашего примера  $P_1 = HK_1 - PK0$ .

$$\begin{aligned} HK_1 &= PK0 + 94,52 \\ PK0 &= PK0 + 00,00 \\ P_1 &= PK0 + 94,52 = 94,52 \text{ м.} \end{aligned}$$

- Длина вставки на сторону ВУ<sub>1</sub> – ВУ<sub>2</sub> вычисляется разностью пикетажных значений начала второй круговой и конца первой круговой кривой:  $P_2 = HK_2 - KK_1$ .

$$\begin{aligned} HK_2 &= PK5 + 95,64 \\ KK_1 &= PK2 + 49,27 \\ P_2 &= PK3 + 46,37 = 346,37 \text{ м.} \end{aligned}$$

Так как по условиям задания общая длина трассы должна быть равна 10 пикетам, то прямая вставка  $P_3$  определится разностью пикетажных значений ПК10 и конца второй круговой кривой, т.е.

$$\begin{aligned} P_3 &= PK10 - KK_2 \\ PK10 &= PK10 + 00,00 \\ KK_2 &= PK8 + 69,31 \\ P_3 &= PK1 + 30,69 = 130,69 \text{ м.} \end{aligned}$$

В строчке «Сумма» подсчитывается общая длина трех прямых вставок.

**Графа 14** заполняется значениями расстояний между вершинами углов поворота  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  (рис. 4). Значения  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  вычисляют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} S_1 &= BV_1; \\ S_2 &= BV_2 - BV_1 + \Delta_1; \\ S_3 &= Kmr - BV_2 + \Delta_2. \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} S_1 &= BV_1; \\ S_2 &= BV_2 - BV_1 + \Delta_1; \\ S_3 &= Kmr - BV_2 + \Delta_2. \end{aligned}$$

Для нашего примера получим следующие значения:

$$\begin{aligned} S_1 &= 176.00 \text{ м}; \\ S_2 &= 742.83 \text{ м} - 176.00 \text{ м} + 8.21 \text{ м} = 575.04 \text{ м}; \\ S_3 &= 1000 \text{ м} - 742.83 \text{ м} + 20.70 \text{ м} = 277.87 \text{ м}. \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} S_1 &= 94.52 \text{ м} + 81.48 \text{ м} = 176.00 \text{ м}; \\ S_2 &= 81.48 \text{ м} + 346.37 \text{ м} + 147.19 \text{ м} = 575.04 \text{ м}; \\ S_3 &= 147.19 \text{ м} + 130.69 \text{ м} = 277.87 \text{ м}. \end{aligned}$$

В строчку «Сумма» необходимо вписать общую длину всех трех расстояний между вершинами углов поворота ( $S_1 + S_2 + S_3$ ).

**Графа 15** заполняется значениями дирекционных углов сторон трассы. Для вычисления дирекционных углов сторон  $BV_1 - BV_2$  и  $BV_2 - PK10$  используют исходный румб начальной стороны  $PK0 - BV_1$  и значения углов поворота трассы. Переведя исходный румб в дирекционный угол, вычисляют дирекционные углы всех последующих сторон по правилу: дирекционный угол последующего направления трассы равен дирекционному углу предыдущего направления плюс правый или минус левый угол поворота трассы

В нашем случае:  $r_{\text{исх}} = CB_\phi = 64^\circ 48'$ ;  $\varphi_1 = 44^\circ 20'$ ;  $\varphi_2 = 52^\circ 16'$ .

Так как название румба  $CB$ , то  $a_{\text{исх}} = r_{\text{исх}}$ .

$$\begin{array}{rcl} + \alpha_{\text{исх}} &= 64^\circ 48' & \text{для направления } (PK0 - BV_1) \\ + \underline{\varphi_1} &= 44^\circ 20' & \\ \hline \alpha_{1-2} &= 109^\circ 08' & \text{для направления } (BV_1 - BV_2) \\ - \underline{\varphi_2} &= 52^\circ 16' & \\ \hline \alpha_{2-10} &= 56^\circ 52' & \text{для направления } (BV_2 - PK10) \end{array}$$

Вычисленные дирекционные углы записываются в колонку 15, от их значений переходят к румбам и заносят их в графу 16 ведомости.

После заполнения ведомости прямых и кривых производится контроль расчетов по формуле:

$$\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma \Delta = L,$$

где  $L$  – общая длина трассы (1000 м).

Значения составляющих элементов этой формулы берем из графы «Сумма» ведомости прямых и кривых. Для рассматриваемого случая контроль расчетов будет следующим:

$$\begin{array}{rcl} + \Sigma P &= 571,58 & - \Sigma S = 1028,92 \\ \underline{\Sigma K} &= 428,42 & \underline{\Sigma \Delta} = 28,91 \\ L &= 1000,00 & L = 1000,01 \end{array}$$

Допустимое значение расхождений  $L$  также равно 2 см, оно объясняется округлением при расчетах основных элементов кривых.

#### 4. Составление плана трассы

План трассы составляют по данным пикетажной книжки и расчетам элементов кривой и ее пикетажного положения (см. Ведомость прямых и кривых). В пикетажном журнале приведены результаты съемки притрассовой полосы вправо и влево от трассы шириной по 50 м. Масштаб плана трассы принимают 1:1000.

План трассы в масштабе 1:1000 составляют на чертежной бумаге в следующей последовательности.

- Согласно заданному начальному направлению  $r_{usx}$  начало трассы на листе выбирают так, чтобы весь план ее разместился симметрично краям листа.
- В точке начала трассы проводят вертикальную линию и от нее транспортиром откладывают румб  $r_{usx}$  начального направления и в этом направлении прочерчивают карандашом линию.
- Вдоль проречченной линии в масштабе откладывают отрезок, равный расстоянию от ПК0 до вершины угла поворота 1 (ВУ1) (в нашем примере он равен 576,00 м), и получают точку вершины угла 1 (ВУ1), (см. рис.3).

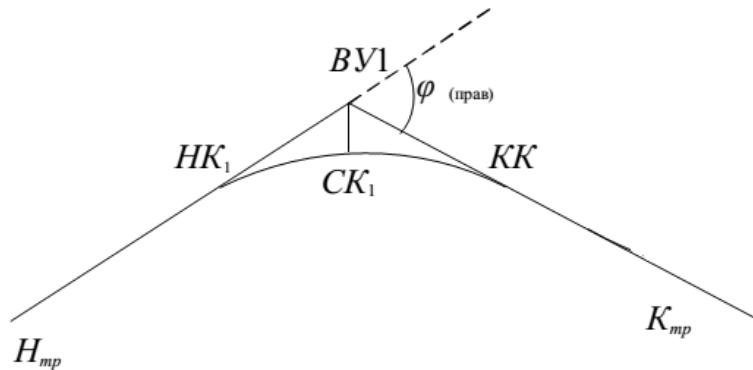


Рисунок 3. Схема трассы

- За вершину угол продляют начальное направление и от него строят угол поворота трассы  $\varphi$ , в полученном направлении прореччивают линию, (см. рис.3).
- В полученном направлении откладывают отрезок равный расстоянию от ВУ до конца трассы (в нашем примере он равен 424 м), и получают точку конца трассы, (см. рис.3).
- Определяют на плане трассы местоположение главных точек закруглений НК, СК, КК при каждой вершине (см. рис.3) угла поворота. Для построения точек начала кривой НК и конца кривой КК откладывают в масштабе плана величины касательных тангенсов  $T$  от вершин углов поворота ВУ назад по предыдущему направлению и вперед по последующему направлению. Для построения точки середины кривой СК с помощью транспортира строят биссектрису внутреннего угла при вершине угла и вдоль полученного направления откладывают в масштабе значение биссектрисы Б. В нашем примере  $B = 15.96$  м. По направлению радиусов закруглений производят соответствующие надписи пикетажных обозначений НК, СК, КК по направлению радиусов круговых кривых. (пример Рисунок 4.)

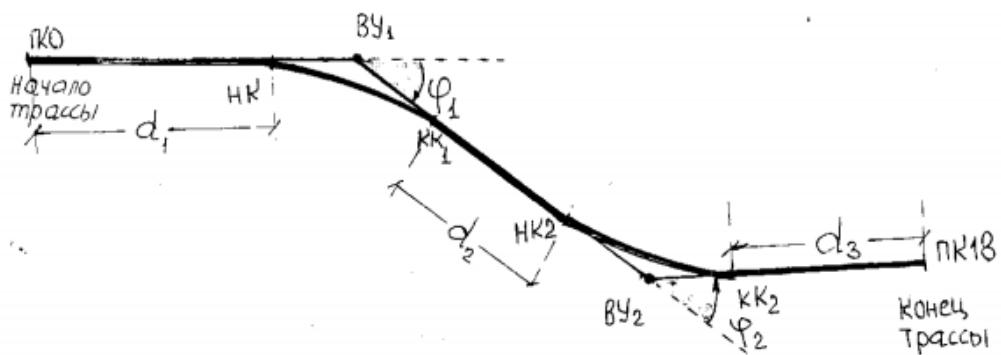


Рисунок 4. Пример плана трассы

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое круговая кривая?
2. Назовите основные элементы круговой кривой.
3. Какие точки называются главными точками круговой кривой?
4. Как вычисляется пикетажное положение главных точек круговой кривой?
5. В каком полевом документе производится вычисление пикетажного положения главных точек круговой кривой?

## **Практическое занятие № 17. Построение продольного профиля трассы по данным нивелирования**

**Цель занятия:**

Приобрести практические навыки по расчету журнала нивелирования трассы и построению профиля.

**Обеспеченность занятия:** журнал нивелирования, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага

### **Содержание практического занятия**

1. Научиться рассчитывать журнал нивелирования
2. Научиться вычерчивать профиль трассы

### **ЗАДАНИЕ**

Рассчитать журнал нивелирования трассы (Таблица 1) Высотные отметки исходных реперов приведены в Таблице 2. По данным журнала построить продольный профиль трассы в масштабе 1:5000.

**Таблица 1. Журнал Нивелирования  
Журнал нивелирования трассы**

№ стан .	№ Точек	Отсчёты по рейкам			Превыш . h, мм	Сред. превы ш., мм	Испр. превы ш. мм	Горизо нт прибор а ГП, м	Отметк и точек	№ Точек
		3	П	Промеж ут. С						
1	PП1	934								PП1
		5620								
	ПК0		2135							ПК0
			6823							
2	ПК0	2539								ПК0
		7226								
	ПК1		1353							ПК1
			6042							
3	ПК1	226								ПК1
		4911								
	ПК2		1036							ПК2
			5723							
4	ПК2	256								ПК2
		4943								
	X		2414							X
			7102							
5	X	378								X
		5064								
	ПК3		1951							ПК3
			6637							
6	ПК3	1182								ПК3
		5867								
	ПК3+1			1425						ПК3+



№ стан	№ Точек	Отсчёты по рейкам			Превыш . h, мм	Сред. превы ш., мм	Испр. превы ш. мм	Горизо нт прибор а ГП, м	Отметк и точек	№ Точек
		З	П	Промеж ут. С						
14	ПК9		460							ПК9
			5147							
	л+25			810						л+25
	п+25			1126						п+25
14	ПК9	1827								ПК9
		6512								
	РП2		1938							РП2
			6624							
	ПК10			1994						ПК10

Таблица 2. Исходные данные

номер варианта	исходные данные		номер варианта	исходные данные	
	РП1	РП2		РП1	РП2
1	100	106,459	11	110	116,457
2	101	107,459	12	111	117,457
3	102	108,459	13	112	118,457
4	103	109,459	14	113	119,457
5	104	110,459	15	114	120,457
6	105	111,459	16	115	121,457
7	106	112,459	17	116	122,457
8	107	113,459	18	117	123,457
9	108	114,459	19	118	124,457
10	109	115,459	20	119	125,46

### Порядок выполнения работы

#### 1. Расчёт нивелирования трассы

Нивелирование трассы производится методом геометрического нивелирования, которое позволяет определить превышение одной точки над другой, близкой к ней с 1\*100 горизонтального луча нивелира и отвесно установленных нивелирных реек.

Нивелирный ход продольного нивелирования обычно прокладывается между точками с известными отметками. Такой ход называют разомкнутым.

Математическая обработка результатов нивелирования (обработка журнала нивелирования) выполняется в следующей последовательности:

1. Вычисляем превышения по черной и красной стороне реек по формулам:

$$h_{\text{черная}} = З - П = a_{\text{задний}} - a_{\text{передний}}$$

$$h_{\text{красный}} = З - П = b_{\text{задний}} - b_{\text{передний}}$$

2. Вычисляем среднее превышение по формуле:

$$h_{\text{среднее}} = \frac{h_{\text{черное}} + h_{\text{красное}}}{2}$$

3. Вычисляют сумму средних превышений по всему ходу нивелирования:

$$\sum h_{cp} = h_{cp1} + h_{cp2} + \dots$$

где  $h_{cp1}, h_{cp2}$  и т.д.–средние превышения.

2.Вычисляют теоретическую сумму превышений по ходу, равную разности отметок реперов, на которые опирается ход:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}$$

где  $H_{\text{нач}}, H_{\text{кон}}$ –отметки реперов в конце и начале хода.

4.Вычисляют невязку нивелирного хода:

$$fh = \sum h_{\text{изм}} - \sum h_{\text{теор}} = \sum h_{\text{среднее}} - \sum h_{\text{теор}}$$

4. Вычисляют невязку, допустимую для данного хода, по формуле

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{мм} \sqrt{L}$$

где  $L$  –длина нивелирного хода, км

5.Если  $|fh| \leq fh_{\text{доп}}$ , то грубых ошибок в нивелировании нет, а полученную невязку можно распределить поровну между всеми средними превышениями. Для этого вычисляют поправки:

$$\delta_h = \frac{-fh}{n}$$

где  $n$  –число станций.

Поправки вычисляют с округлением до 1мм.

При этом должно выполняться условие

$$\sum \delta_h = -fh$$

Найденную поправку, распределяем поровну на все средние превышения с обратным знаком.

6.Вычисляют исправленные превышения:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta_h$$

Они должны удовлетворять условию:

$$\sum h_{\text{испр}} = \sum h_{\text{теор}}$$

7. Вычисляют отметки связующих точек:

$$H_{\text{пк1}} = H_{\text{Рп0}} + h_{\text{испр}}^1$$

$$H_{\text{пк2}} = H_{\text{Пк1}} + h_{\text{испр}}^2 \text{ и т.д.}$$

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек служит точное получение в конце хода отметки конечного репера.

8. Если в ходе имеются промежуточные точки, то для этих станций вычисляют горизонт инструмента по формуле.

$$ГП = H_{\text{Рп0}} + a_{\text{Рп0}}^{\text{черный}}$$

Где  $H_{\text{Рп0}}$  - отметка заднего пикета,  $a_{\text{Рп0}}^{\text{черный}}$  - четный отсчет на заднем пикете.

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле.

$$H_{0+20} = ГП - a_{0+20}^{\text{промежуточный}}$$

Где  $ГП$  – горизонт прибора,  $a_{0+20}^{\text{промежуточный}}$  - промежуточный отсчет, взятый на плюсовой точке по черной стороне рейки.

## 2. Построение продольного профиля трассы

Для построения продольного профиля используется миллиметровая бумага. Масштаб горизонтальный 1:5000, масштаб вертикальный 1:500. Построение профиля выполняют карандашом, начинают его с вычерчивания сетки профиля.

Форма и размеры сетки (боковиков) показаны на Рисунке 1. Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2–3 см, от левого края не –менее 2 см.

Отметка земли, м	
Уклоны (в тысячных)	
Расстояния, м	
Пикеты	
Километры	
65	

Рисунок 1. Боковик продольного профиля

Справа от боковика размещается информация о продольном профиле. Длина профиля выбирается в соответствии с длиной трассы и горизонтальным масштабом продольного профиля. При этом необходимо проследить, чтобы начало профиля совпадало с целым сантиметровым делением миллиметровой бумаги. Горизонтальные линии сетки проводятся параллельными линиями, через расстояния, указанные в правой части Рисунка 1.

Заполнение граф сетки (см. рис.1) ведут в следующей последовательности:

1. Заполняют графу «**Расстояния**». Для этого в масштабе 1:5000 откладывают пикеты (100 -метровки) через 2 см, начиная с нулевого пикета.

Пикеты отмечают вертикальными линиями, названия пикетов подписывают в строчке «Пикеты» (ниже графы «Расстояния»). Нумерация пикетов идет от 0 до 9. Пикет, кратный 10, не нумеруют, а показывают километровый знак и подписывают номер километра. Кроме пикетов отмечают положение промежуточных (плюсовых) точек. Для этого откладывают расстояния до промежуточных (плюсовых) точек, которые берут с плана трассы или из журналов нивелирования. Такими точками в рассматриваемом примере являются ПК 3+10, ПК 3+25, ПК 3+50, ПК 3+66 и ПК 4+60. Расстояния между плюсовыми точками показывают в метрах и записывают между вертикальными линиями. Например, для плюсовых точек между пикетами 3 и 4 должны быть подписаны расстояния 10, 15, 25, 16 и 34 м, сумма которых должна составлять длину пикета (100 м).

2. В графу «**Отметка земли**» записывают округленные до сантиметров отметки пикетов и плюсовых точек, которые берут из журнала нивелирования трассы. Высота записываемых цифр 3 мм.

3. В строчке «**Километры**» на перпендикулярах, опущенных вниз, намечают положение километров по трассе (ПК 0 и ПК 10) кружками диаметром 5 мм, правую половину которого затемняют. Высота надписей километров 4 мм.

4. Для построения продольного профиля выбирают так называемую линию условного горизонта. Обычно за линию условного горизонта принимают верхнюю горизонтальную линию сетки профиля. Отметку линии условного горизонта выбирают кратной знаменателю масштаба в метрах с таким расчетом, чтобы минимальная отметка линии продольного профиля возвышалась над линией условного горизонта не менее чем на 5 см. Например: минимальной отметкой профиля является урез воды реки Соя (ПК 3+26 и ПК 3+50). Эта отметка равна 100,33. В масштабе 1:500 в регламентируемых 5 см содержится 25 м, следовательно, за линию условного

горизонта можно принять отметку 75,0 м (100,33 –25); учитывая ее кратность 5 м, за отметку линии условного горизонта окончательно принимают отметку 75,0 м.

Для построения профиля восстанавливают перпендикуляры с каждого пикета и плюсовой точки вверх от линии условного горизонта, на них в масштабе 1:500 откладывают отрезки, соответствующие отметкам пикетов и плюсовых точек с учетом высотного положения линии условного горизонта. Например: Нпк0= 105,45 м, следовательно, от линии условного горизонта в масштабе 1:500 (в 1 см – 5 м) откладывают высоту 30,45 м, что составляет отрезок в 6,09 см. Нпк1 = 106,64 м, откладывают 31,64 м или 6,33 см. Аналогичным образом поступают со всеми пикетами и плюсовыми точками.

Соединив концы построенных отрезков прямыми линиями, получают продольный профиль трассы. Концы перпендикуляров, возвышающиеся над профилем, убирают.

5. Заполняют графу «Уклоны», прочерчивая в ней в местах переломов (изменений уклона) фактической линии вертикальные перегородки.

Внутри каждого узкого прямоугольника, на которые будет разбита графа уклонов, проводят диагональ: из верхнего левого угла в нижний правый, если уклон отрицательный (линия идет на понижение), или из нижнего левого в верхний правый, если уклон положительный. На горизонтальных отрезках трассы посередине графы проводят горизонтальную черту. Над диагональю или горизонтальной чертой указывают значение уклона в тысячных. Знание уклона определяется по формуле:

$$i = \frac{\Delta H_{\text{зем}}}{d}, \text{ где } \Delta H_{\text{зем}} - \text{разница отметок земли на концах участка в м, } d - \text{расстояние, м.}$$

6. Выполняют оформление профиля. Все надписи и построения аккуратно выполняют тушью тонкими линиями.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое «пикетная точка», «плюсовая точка»? Когда возникает необходимость использовать «никсовую точку»?
2. Назначение пикетажной книжки (журнала).
3. Как уравнивают превышения в замкнутом нивелирном ходе?
4. Какова последовательность нивелирования на станции по пикетажу трассы? Как контролируют отсчеты по рейкам?
5. Что такое уклон линии и по какой формуле он определяется? Как его выразить в % и в ‰? Как показывают уклоны на профиле?

## Практическое занятие № 18. Решение типовых инженерные задач на строительной площадке

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по решению типовых инженерных задач по геодезии.

Обеспеченность занятия: тетрадь, калькулятор, ручка карандаш, варианты заданий.

### Содержание практического занятия

1. Научиться рассчитывать вынос в натуру точек с заданной проектной высотой
- 2.

### Порядок выполнения работы

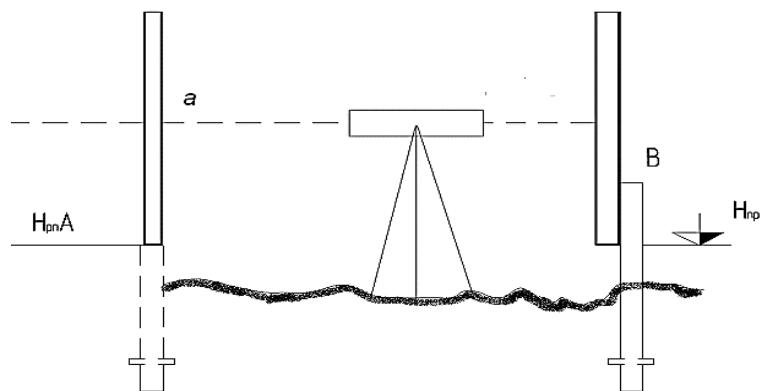
При выполнении проектных и разборочных работ в геодезической практике возникает необходимость решения различных инженерно-геодезических задач.

#### 1. Вынос в натуру точек с заданной проектной высотой

Закрепление точки с проектной отметкой обычно осуществляют геометрическим нивелированием. Данная задача является наиболее распространенной при всяком рода строительстве. Положение точки в плане должно быть обозначено на местности, и вблизи ее должен располагаться постоянный или временный репер с известной высотой. Установив нивелир посередине между репером и точкой, проектную высоту которой необходимо перенести на местность, по рейке, установленной на репере, далее определяют горизонт прибора (инструмента), а затем вычисляют отсчет по рейке на искомой точке *B*.

В месте вынесения проектной высоты устанавливают рейку, опуская ее или поднимая таким образом, чтобы получить расчетный отсчет *b*. В момент установления отсчета забивают кол до уровня пятки рейки, высота которого будет соответствовать  $H_{\text{пр}}$ . Контроль заключается в повторном выносе.

**ПРИМЕР ЗАДАЧИ №1:** От репера А, имеющего абсолютную высоту  $H_{\text{прA}} = 180,465$  м, требуется вынести в натуру нулевой горизонт на отметку  $H_{\text{пр}} = 180,600$  м. Отчет по рейке на репере А равен *a* = 1212 мм.



Решение:

Определяем горизонт прибора по формуле:

$$\text{ГП} = H_{\text{прA}} + a \text{ (в метрах)} = 180,465 + 1,212 = 181,677 \text{ м}$$

Определяем проектный отсчет по формуле:

$$c = \text{ГП} - H_{\text{пр}} = 181,677 - 180,600 = 1,077 \text{ м или } 1077 \text{ мм}$$

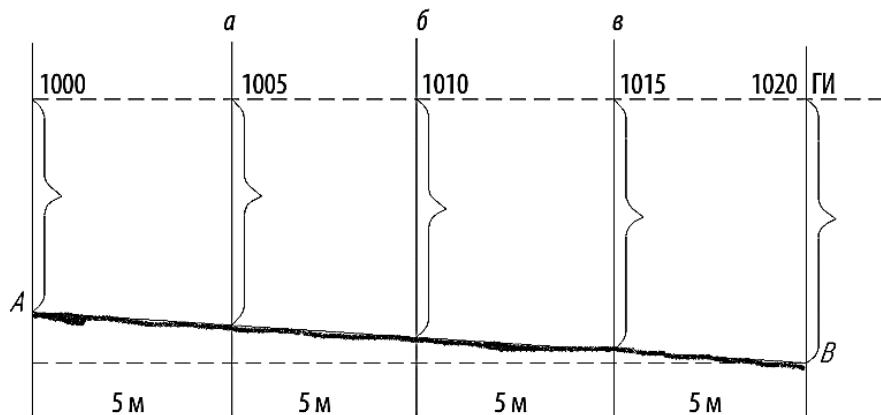
**Задание 1.** Решить Задачу №1 по Исходным данным из Таблицы 1. Номер Варианта выдает преподаватель.

Таблица 1 – Исходные данные для Задачи №1

№ задачи	Высота репера А, м	Отсчет по задней рейке на репере А, мм	Высота проектная Нпр, м
1	180,465	1212	180,600
2	167,455	862	167,800
3	169,007	986	169,500
4	174,811	346	174,900
5	127,002	240	126,900
6	137,010	333	137,200
7	169,705	464	169,500
8	180,185	1212	179,400
9	193,666	1242	194,000
10	184,905	242	183,100

**2. Построение линий с проектным уклоном** осуществляют при строительстве дорог, улиц, подземных коммуникаций. Для этого устанавливают проектную высоту начальной точки *A* и конечно точки *B* линии и обозначают их на местности. Устанавливают нивелир непосредственно у точки *A* таким образом, чтобы один из подъемных винтов прибора совпадал с направлением *AB*. Измеряют высоту прибора *i* над точкой *A*. Наводят прибор на точку *B* и наклоняют трубу подъемным винтом до тех пор, пока отсчет по рейке, установленной в точке *B*, не будет равен *b* = *i*. Лучше всего для выноса линии с проектным уклоном использовать теодолит.

**ПРИМЕР ЗАДАЧИ №2:** Из точки *A* в точку *B* необходимо прорассировать линию с уклоном *i* = -0,001 и забить через каждые 5 м колышки соответственно заданному уклону, причем известно, что отсчет по рейке в точке *A* равен 1000. Требуется определить отсчеты по рейке на пикетах *a*, *b*, *v* и *B*, которые соответствовали бы заданному уклону.



#### Решение

Из формулы  $H_B = H_A + i \cdot d$ , произведение не что иное как шаг понижения или повышения линии.

Понижение линии на 5 м составит  $-0,001 \cdot 5 = -0,005 = -5$  мм, понижение линии на 10 м составит  $-0,001 \cdot 10 = -0,010 = -10$  мм и т.д.

Из рисунка следует, что отсчет по рейке на пикете *a* должен увеличиваться и быть равен:

На точке *a* :  $1005 + 5 = 1010$  мм

На точке *b* :  $1010 + 5 = 1015$  мм

На точке *v*:  $1015 + 5 = 1020$  мм

На точке *B*:  $1020 + 5 = 1025$  мм

**Задание 2.** Решить Задачу №2 по Исходным данным из Таблицы 2. Номер Варианта выдает преподаватель.

Таблица №2 – Исходные данные для Задачи №2

№ задачи	Отсчет по рейке в точке А	Расстояние между пикетами, м	Уклон
1	1200	5	-0,005
2	1875	5	0,017
3	1455	10	0,0015
4	2010	3	-0,030
5	1840	2	0,020

## Литература

### Основная литература:

1. Кузнецов, О. Ф. Инженерная геодезия : учебное пособие / О. Ф. Кузнецов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 268 с. - ISBN 978-5-9729-0467-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167716> (дата обращения: 27.06.2023). – Режим доступа: по подписке.

### Дополнительная литература:

1. Гиршберг, М. А. Геодезия: задачник : учебное пособие / М. А. Гиршберг. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 288 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006350-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039035> (дата обращения: 27.06.2023). – Режим доступа: по подписке.